

WISSENSCHAFTLICHE ERGEBNISSE DER TENDAGURU-EXPEDITION

1909—1912

NEUE FOLGE

HERAUSGEGEBEN

DURCH

W. JANENSCH

IN BERLIN

ERSTE REIHE — TEIL III

MIT TAFEL I—XXIV, 24 BEILAGEN SOWIE 170 ABBILDUNGEN
UND 24 TABELLEN IM TEXT



STUTTGART

E. SCHWEIZERBART'SCHE VERLAGSBUCHHANDLUNG
(NÄGELE u. OBERMILLER)

1947—1961

150

Inhalt des dritten Teiles der ersten Reihe

	Seite
Janensch, W.: Pneumatizität bei Wirbeln von Sauropoden und anderen Saurischiern. (Mit 19 Textabbildungen.) 1947	1—25
Janensch, W.: Die Wirbelsäule von <i>Brachiosaurus brancai</i> . (Mit Taf. I—V, 136 Abbildungen im Text und auf 7 Textbeilagen.) 1950	27—93
Janensch, W.: Die Skelettrekonstruktion von <i>Brachiosaurus brancai</i> . (Mit Taf. VI—VIII.) 1950	95—103
Janensch, W.: Der Ornithopode <i>Dysalotosaurus</i> der Tendaguruschichten. (Mit Taf. IX bis XIV und 40 Abbildungen sowie 5 Tabellen im Text.) 1955	105—176
Janensch, W.: Die Gliedmaßen und Gliedmaßengürtel der Sauropoden der Tendaguruschichten. (Mit Taf. XV—XXIII, Beilagen A—R sowie 26 Abbildungen und 19 Tabellen im Text.) 1961	177—235
Janensch, W.: Skelettrekonstruktion von <i>Dysalotosaurus lettow-vorbecki</i> . (Mit Taf. XXIV.) 1961	237—240

**DIE WIRBELSÄULE
VON
BRACHIOSAURUS BRANCAI**

VON

W. JANENSCH

MIT TAF. I–V,
136 ABBILDUNGEN IM TEXT
UND AUF 7 TEXTBEILAGEN

Inhalt.

	Seite
Vorwort	31
Präsakrale Wirbel	33
Material	33
Beschreibung	34
Äußere Architektur der Präsakralwirbel der Sauropoden	34
Proatlas	37
1ter Präsakralwirbel, Atlas	37
2ter Präsakralwirbel, Epistropheus	38
3ter bis 24ter Präsakralwirbel	40
Oberflächenskulptur	52
Struktur des Wirbelkörpers	52
Sakrum	56
Schwanzwirbel	60
Material	60
Beschreibung	60
Vergleich der verschiedenen Funde von Schwanzwirbeln	66
Länge der einzelnen Abschnitte der Wirbelsäule	68
Kennzeichnung der Wirbelsäule von <i>Brachiosaurus</i>	68
Funktion der Gelenkverbindungen	69
Bandverbindungen zwischen den Wirbeln	70
Über Muskeln der Wirbelsäule	71
Vergleich der Wirbelsäule von <i>Brachiosaurus brancai</i> mit der anderer Sauropoden	72
Rippen der Halswirbel (2ter bis 13ter Präsakralwirbel)	78
Material, Verwachsung	78
Rippe des Epistropheus	79
Beschreibung	79
Frage der Zugehörigkeit	81
Differenzierung der Rippe des Epistropheus und Versuch ihrer Deutung als sekundärer Geschlechts- unterschied	81
Rippen des 3ten bis 13ten Halswirbels	82
Beschreibung	82
Vergleich	84
Funktionelle Bedeutung der Halsrippen	85
Rippen der Rumpfwirbel	86
Beschreibung	86
Vergleich	88
Bedeutung der Unterschiede der Rippenstärke	89
Hämapophysen	90
Zusammenfassung der Ergebnisse	91
Literatur	92
Tafelerklärungen	93

Vorwort.

Wiewohl Reste von *Brachiosaurus* in den Tendaguru-Schichten verhältnismäßig zahlreich sind, fanden sich an Wirbeln in befriedigender Erhaltung häufiger nur solche aus der Schwanzregion. Für die präsakralen Wirbel sind wegen der Feinheit der Einzelelemente, ihrer komplizierten Architektur die Bedingungen der Erhaltung in dem meist wenig festen, leicht zerfallenden Sauriermergel, in den die Knochen eingebettet sind, nicht günstig. Wo die Mergel nahe der Oberfläche den Einflüssen der Verwitterung ausgesetzt sind, waren brauchbare präsakrale Wirbel kaum zu gewinnen. Mehrere Fundstellen, an denen festere Gesteinslagen vorkommen, lieferten dagegen gute Wirbel auch aus der Hals- und Rumpfregeion. Das Material stammt aus dem mittleren und oberen Sauriermergel und wird zu der einen Art *Brachiosaurus brancai* JAN. gerechnet, da ich die von mir aufgestellte zweite Art *B. fraasi* nicht glaube aufrechterhalten zu dürfen.

Die Lücken, die die Beschreibung des vorliegenden Materials offen läßt, sind nicht allzu bedeutungsvoll; sie ließen sich mit ziemlicher Sicherheit durch vergleichende und interpolierende Rückschlüsse aus den gewonnenen morphologischen Befunden überbrücken. Die Beschreibung liefert die Grundlage zu einigen Betrachtungen über die Funktion der Gelenkverbindungen, über Ligamente und Muskulatur, sie erlaubt weiter den genaueren Vergleich mit anderen Gattungen von Sauropoden. Für die Feststellung des pneumatischen Charakters der präsakralen Wirbelsäule auf Grund äußerer skulptureller Merkmale, sowie von Schnitten, wurden in der dieser Abhandlung vorausgehenden Arbeit über die Pneumatizität der Wirbel von Sauropoden und anderen Saurischiern (JANENSCH 1947) in weiterem Rahmen auch Schnitte durch Wirbel von *Brachiosaurus* verwertet, die hier nun ausführlich behandelt werden.

Die Eigenart der ungewöhnliche Länge erreichenden Halsrippen ist eingehend erörtert und ihr funktioneller Sinn zu deuten versucht worden; dabei wurde eine sehr auffallende Differenzierung in der Gestaltung der Rippe des zweiten Halswirbels festgestellt, die vielleicht als Geschlechtsunterschied zu werten ist.

Die Ergebnisse dieser Arbeit über die Wirbelsäule von *Brachiosaurus* konnten bei der plastischen Rekonstruktion des Skelettes, die im Lichthofe des Berliner Museums für Naturkunde aufgestellt worden ist, verwertet werden; sie wurden sichtbar in den sehr sorgfältigen Modellierungen präsakraler und sakraler Wirbel, durch die sich Oberpräparator E. SIEGERT verdient gemacht hat.

Durch fördernde Aussprache und wichtige Hinweise unterstützte mich mein Kollege Prof. Dr. W. O. DIETRICH in immer bewährter Hilfsbereitschaft.

Die Präparation des bearbeiteten Materials war besonders bei den überaus kompliziert gebauten Präsakralwirbeln schwierig und zeitraubend und erstreckte sich über eine längere Reihe von Jahren. Diese Aufgabe, die ein hohes Maß an Können und Sorgfalt erforderte, wurde in erster Linie von Oberpräparator G. BORCHERT (†), Oberpräparator E. SIEGERT und Präparator J. SCHÖBER (†) mit bestem Gelingen erfüllt.

Für die verständnisvoll ausgeführten Zeichnungen der Wirbel bin ich wieder Herrn H. WOLFF-MAAGE (†) zu Dank verpflichtet; eine Anzahl weiterer Abbildungen fertigten sorgfältig Fräulein SCHMIDT und Fräulein E. v. SCHLIEBEN.

Das Erscheinen dieser Arbeit ist dadurch sehr verzögert worden, daß durch Kriegseinwirkung der vollständige Satz sowie die Unterlagen für die Lichtdrucktafeln vernichtet wurden.

Präsakrale Wirbel.

Material.

Die Ausgrabung bei der Fundstelle S im mittleren Sauriermergel förderte präsakrale Wirbel von zwei Tieren verschiedener Größe von *Brachiosaurus brancai* zutage. Von dem kleineren Tier SI fand sich außer dem von mir beschriebenen (JANENSCH 1935) Schädel eine Anzahl vorderer Halswirbel. Sie umfassen, abgesehen von einem nicht präparierten zerfallenen Wirbel, den Epistropheus und 5 weitere Wirbel, die offenbar eine zusammenhängende Folge vom 2ten bis 7ten darstellen. Alle Wirbel sind nicht erheblich verdrückt und vollständig oder annähernd vollständig erhalten. Das Wirbelmaterial von Skelett SII, des großen Individuums, umfaßt, abgesehen von Atlas und Epistropheus, offenbar alle übrigen präsakralen Wirbel, allerdings größtenteils in unvollständiger Erhaltung. Die Zahl dieser Wirbel beträgt 22, die ursprüngliche Gesamtzahl dürfte 24 gewesen sein. Die Wirbel vom 3ten bis 15ten PrW lagen aneinandergereiht in einer festen Kalksandsteinbank, davon sind der 3te bis 5te Wirbel leidlich vollständig erhalten, die übrigen 10 Wirbel fanden sich ineinander eingelenkt, mit einer Unterbrechung, die darin bestand, daß der 8te Präsakralwirbel aus der Reihe herausgedreht und umgelegt war. Während dieser sich gut erhalten hat, ist die hintere Serie vom 9ten bis 15ten Wirbel in ihrem oberen Abschnitt in einer Ebene durch eine äußere Einwirkung, vermutlich bewegtes Wasser, abgetragen, so daß außer den Wirbelkörpern nicht viel, z.T. die Präzygapophysen, erhalten geblieben ist. Der 16te Wirbel gehört gleichfalls noch zu dieser Serie, war jedoch bereits aus ihrem Verband gelöst und besitzt noch den unteren Abschnitt des Neuralbogens zum großen Teil. Acht weitere Präsakralwirbel lagen abseits etwas tiefer als die verhärtete Sandsteinlage im Mergel, zusammen mit anderen Skelettknochen verstreut; sie waren vereinzelt bis auf die beiden letzten, die noch zusammenhängen. Diese einzeln eingebetteten Wirbel sind viel zu groß, als daß sie zu dem nur durch Schädel und vordere und mittlere Halswirbel vertretenen kleineren *Brachiosaurus* SI gehören könnten. Sie passen in ihrer Größe durchaus zu der zusammenhängenden Wirbelserie und können daher unbedenklich dem Skelett SII zugerechnet werden. Fünf von diesen Wirbeln sind ziemlich vollständig erhalten, entbehren allerdings meist der Enden der Diapophysen. Unter den Einzelwirbeln befinden sich ferner zwei, die nur als Wirbelkörper erhalten sind, ein dritter, unvollständiger und verdrückter Wirbelkörper trägt noch die Präzygapophysen. In geringem bis recht erheblichem Grade weisen alle vorhandenen Wirbel Merkmale von Verdrückung auf.

Im mittleren Sauriermergel erbrachte ferner die Grabungsstelle Y unter Resten eines mittelgroßen Tieres mehrere einzeln liegende Halswirbel in z.T. ziemlich vollständiger Erhaltung. Zwei von ihnen, deren Platz in der Reihe allerdings nicht sicher festzustellen war, sind in die Maßtabelle aufgenommen; einer von ihnen ist abgebildet.

Im gleichen Horizont fanden sich im Grabungsfeld dd bei Kindope nördlich des Tendagurus, wo Knochen eines Skeletts von *Elaphrosaurus bambergi* JAN., zweier Skelette von *Dicraeosaurus hansemani* JAN. sowie Reste von *Barosaurus africanus* (E. FRAAS) zutage gekommen sind, ohne Zusammenhang eingebettet präsakrale und kaudale Wirbel von *Brachiosaurus*. Von den Präsakralwirbeln sind hauptsächlich nur die von den Neuralbögen getrennten Wirbelkörper vorhanden, die aber, da ihre Form in der für jene Fundstelle bezeichnenden Erhaltung mehr oder weniger verzerrt ist, bei der Beschreibung nur im geringen Grade berücksichtigt wurden.

Im Fundgebiet von Makangaga im Kilwa-Bezirk fand Herr E. HENNIG eine zusammenhängende Halswirbelsäule (be) in oberflächlicher Lagerung. Von den z.T. stark von der Verwitterung mitgenommenen Wirbeln konnten der 2te bis 4te und der 6te präpariert und bei der Beschreibung und den Messungen verwertet werden. Die diesen Wirbeln eigentümliche niedrige Gestalt dürfte auf Verdrückung zurückzuführen sein.

Der wichtige Fund t aus dem mittleren Sauriermergel lieferte in Verbindung mit dem vollständigen Schädel Atlas und ProAtlas sowie die vordere Hälfte des Epistropheus.

Unter den Einzelwirbeln sind zwei hintere Rumpfwirbel wertvoll, AR 1 (von Herrn H. RECK gesammelt) aus dem mittleren Sauriermergel und no I aus dem oberen Sauriermergel; ein Rumpfwirbelkörper (W 3) aus dem mittleren Lager gab über die Innenstruktur Aufschluß.

Beschreibung.

Die Beschreibung der präsakralen Wirbelsäule gründet sich in der Hauptsache auf die beiden Reihen der Fundstelle S; die Beobachtungen an den Wirbeln der Fundstellen y, dd, be, t, W werden darin mitverarbeitet und nur, soweit erforderlich, besonders hervorgehoben. Die guten hinteren Rumpfwirbel AR1 und no1 werden dagegen selbständig dargestellt. Den Bau der vorderen und mittleren Halswirbel lehren uns die Wirbelreihen von SI und SII, sowie die Funde von y, be und t; über die hinteren Halswirbel und die Rumpfwirbel unterrichtet Skelett SII. Da die Wirbel zwischen dem 8ten und dem 17ten PrW von SII meist nur in ihren Körpern vorhanden sind, können die Neuralbögen mit ihren Fortsätzen nur sehr unvollständig beschrieben und mußten für die Skelettaufstellung rekonstruiert werden. Über den Wirbelabschnitt vom 17ten Präsakralwirbel bis zum 24ten, dem letzten Rückenwirbel, geben die 5 mehr oder weniger vollständig erhaltenen, einzeln gefundenen Wirbel Aufschluß. Was die Einreihung dieser 5 Rumpfwirbel anlangt, so ist das zusammenhängende Wirbelpaar S11, S12 durch genaues Zusammenpassen der Facetten der Diapophyse und Parapophyse des hinteren von ihnen mit der leicht kenntlichen letzten Rumpfrippe als 23ter und 24ter Präsakralwirbel sicher bestimmt, ebenso ist der Rumpfwirbel S27 wegen des genauen Zusammenpassens mit der 4ten Rumpfrippe unbedenklich als 17ter Präsakralwirbel anzusehen, womit gerade der Sitz der Parapophyse am Neuralbogen gut passen würde. Der Wirbel S29 kommt in der Form der Neurapophyse dem 23ten Präsakralwirbel so nahe, daß ich für ihn den Platz des 22ten als sehr wahrscheinlich ansehen möchte. Der Wirbel S21 steht zwischen S27 und S29, seine Neurapophyse und seine Diapophyse weichen von der von S27, dem 17ten PrW, in seinem Bau so erheblich ab, daß er von ihm vermutlich einen größeren Abstand gehabt hat als von dem als 22ten angesehenen S29; ich nehme daher für ihn — mit Vorbehalt — den Platz des 20ten Präsakralwirbels an. Für die mehr oder weniger vollständig erhaltenen Wirbelkörper bleiben der 18te, 19te und 21te Platz übrig. Von einer genaueren Aufteilung auf diese Plätze muß abgesehen werden.

Außere Architektur der präsakralen Wirbel der Sauropoden.

(Abb. 1–5.)

Die herrschenden Züge der äußeren Architektur der präsakralen Wirbel stellen die Leisten dar. Sie liegen in Ebenen, in denen Druck- und Zugbeanspruchungen auftraten, die von den die Wirbel gegeneinander bewegendenden oder gegeneinander haltenden Muskeln und Bändern kommen. So verbinden und versteifen die Leisten die von Druck und Zug betroffenen Stellen, nämlich die Gelenkenden

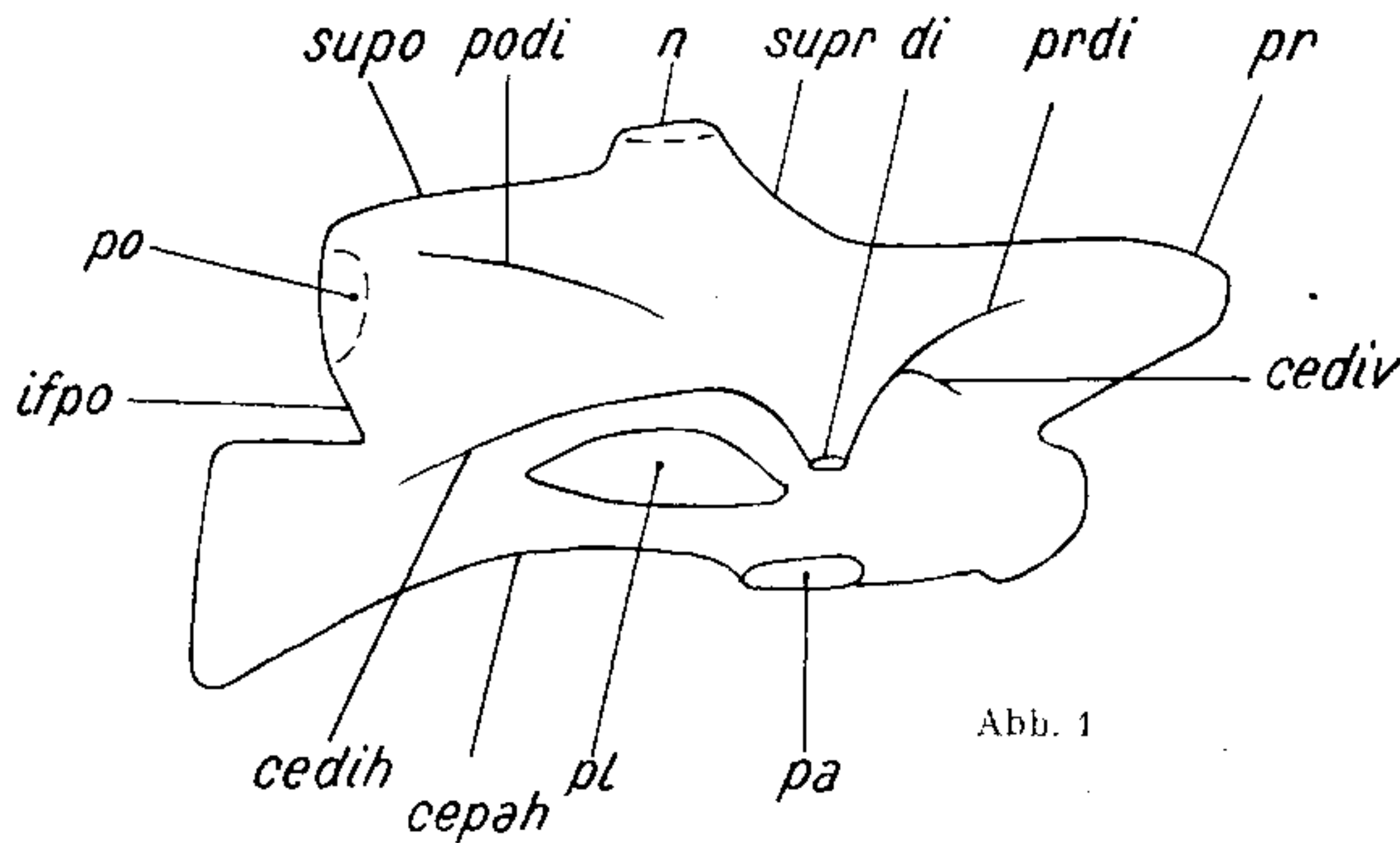


Abb. 1

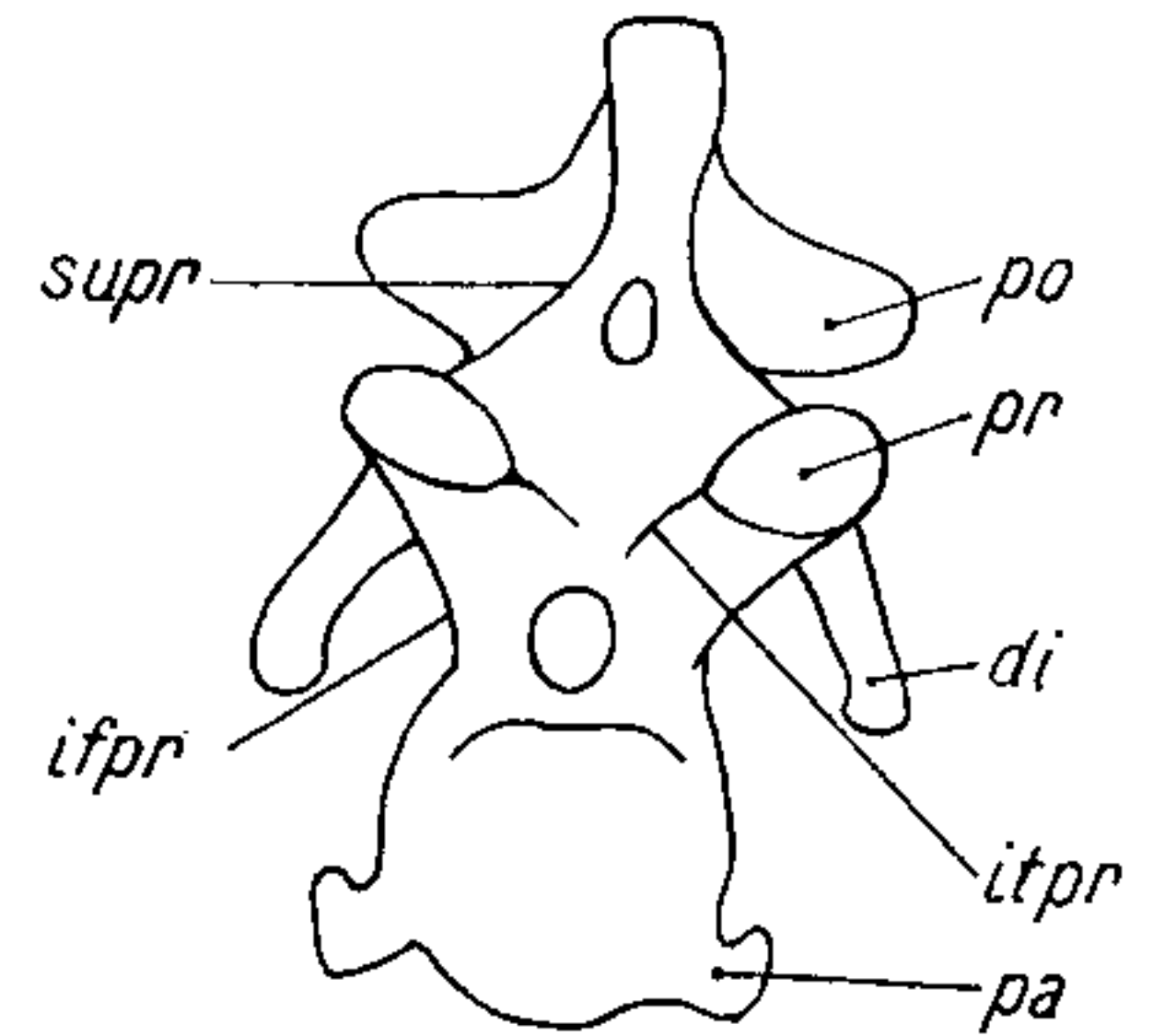


Abb. 2

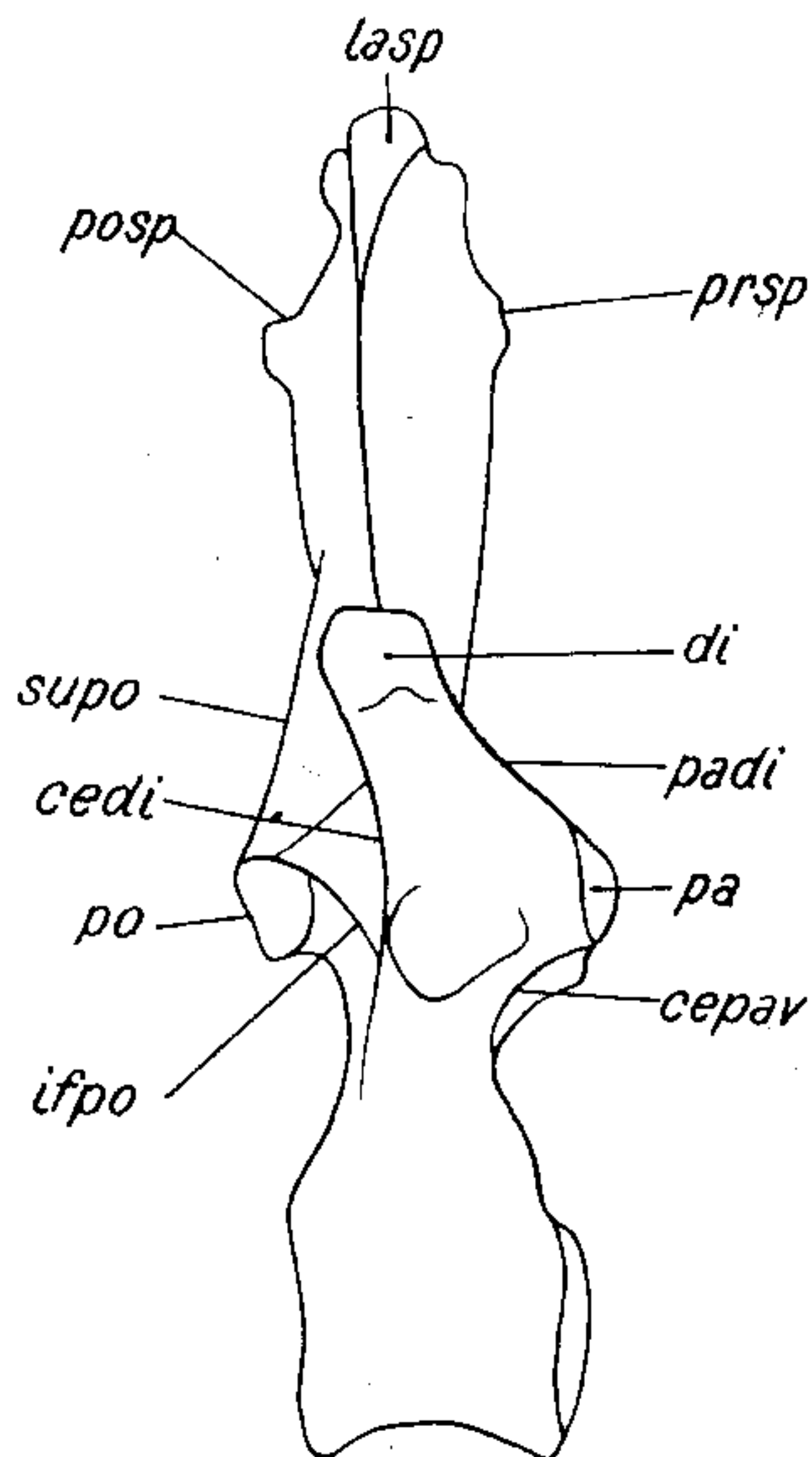


Abb. 3

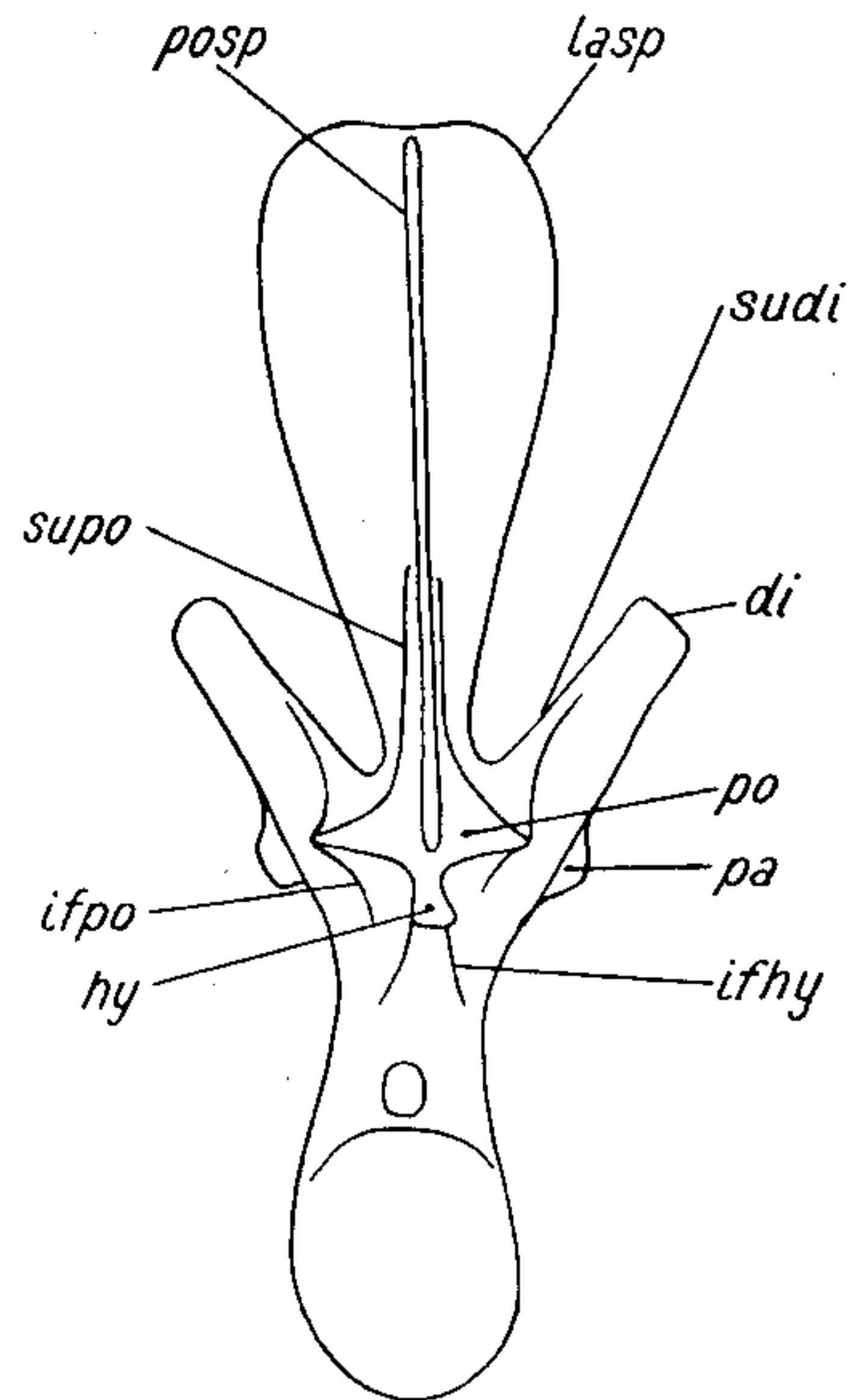


Abb. 4

Leistensystem an präsakralen Wirbeln von Sauropoden.

Abb. 1. Mittlerer Halswirbel von *Brachiosaurus brancai*; Seitenansicht.

Abb. 2. Vorderer Halswirbel von *Brachiosaurus brancai*; Vorderansicht.

Abb. 3. Hinterer Rumpfwirbel von *Dicraeosaurus hansemani*; Seitenansicht.

Abb. 4. Hinterer Rumpfwirbel von *Dicraeosaurus hansemani*; Hinteransicht.

cedi = Centrodiapophysialleiste	ifpo = Infrapostzygapophysialleiste	po = Postzygapophyse
cedih = hintere Centrodiapophysialleiste	ifpr = Infraprezygapophysialleiste	podi = Postzygodiapophysialleiste
cediv = vordere Centrodiapophysialleiste	itpr = Intraprezygapophysialleiste	posp = Postspinaleiste
cepah = hintere Centroparapophysialleiste	lasp = Lateralspinaleiste	pr = Präzygapophyse
cepav = vordere Centroparapophysialleiste	n = Neurapophyse	prdi = Präzygodiapophysialleiste
di = Diapophyse	pa = Parapophyse	prsp = Präspinaleiste
hy = Hyposphen	padi = Paradiapophysialleiste	sudi = Supradyapophysialleiste
ifhy = Infrahypospinalleiste	pl = pleurocentrale Höhlung (Pleurocöl)	supo = Suprapostzygapophysialleiste
		supr = Supraprezygapophysialleiste

der Wirbelkörper, die Diapophysen und Parapophysen, die Prä- und Postzygapophysen und die Neura-pophyse in mannigfacher Weise miteinander. Daß die Leisten so scharf herausgearbeitet sind, ist die Wirkung des bei *Brachiosaurus* in hohem Grade durchgeführten Prinzips, daß Knochensubstanz weitgehend dort gespart wird, wo sie durch mechanische Beanspruchung nicht benötigt wurde. Dadurch sind die tief zwischen den Leisten einspringenden Nischen entstanden.

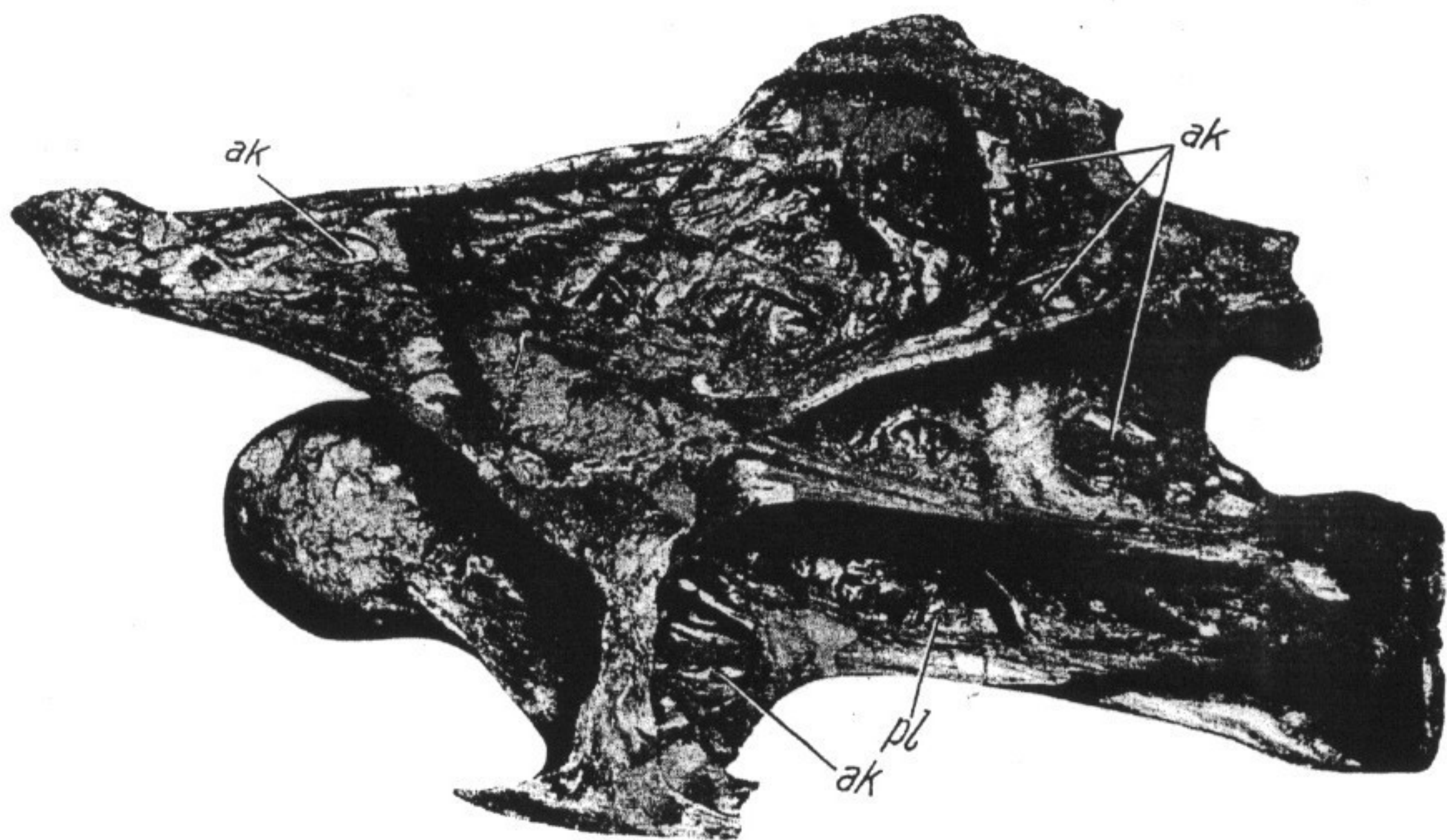


Abb. 5. 8ter Halswirbel von *Brachiosaurus brancai* JAN. (Skelett SII). ak = Außenkaverne pl = Pleurocöl. $\frac{1}{10}$ nat. Gr.

Neben den negativen Formelementen der Nischen treten solche einer anderen Art auf, nämlich Hohlformen am Wirbelkörper oder an einzelnen Teilen des Neuralbogens; sie bedingen die kavernöse Struktur. Am Wirbelkörper dringen auf den Lateralseiten die pleurozentralen Gruben (Pleurocöl) tief in das Innere ein. Am Neuralbogen finden sich Einsenkungen von mehr oder weniger rundlichem oder elliptischem Umriß oder auch von mehrseitiger Gestalt mit gerundeten Ecken. Sie sind flach, besonders wenn sie in den dünnen lamellenhaften Leisten sitzen, und werden, da sie an den Außenflächen auftreten, als „Außenkavernen“ bezeichnet (Abb. 5).

Auf den eingetieften Flächen der Pleurocöl und Außenkavernen können weiter Leisten ausgebildet sein, die diese schwachen Stellen in bestimmten Drucklinien versteifen. Die Vertiefungen zwischen diesen Leisten können nochmals durch Leisten versteift sein. Alle diese Leisten zweiter Ordnung zeigen, wie auf den eingesenkten Flächen die Druckbeanspruchungen verlaufen. Sie sind vielfach gleich gerichtet mit den Hauptrichtungen des Leistensystems, können aber auch in besonderen Richtungen versteifend wirken. Öfters treten solche Leisten zweiter Ordnung in paralleler Wiederholung auf und machen dadurch ihre Wirkungsrichtung besonders augenfällig. So steigert sich die Kompliziertheit der äußeren Architektur der Präsakralwirbel, sie erreicht ihren höchsten Grad bei den mittleren und hinteren Halswirbeln.

Für die Bezeichnung der verschiedenen Leisten verwende ich die Nomenklatur des Leistensystems, die ich in der Arbeit über die Wirbelsäule der Gattung *Dicraeosaurus* (JANENSCH 1929) gegeben und ausführlicher begründet habe. Die Abbildungen 1–4 geben Aufschluß über den Verlauf der Leisten und ihre Bezeichnungen.

Proatlas.

Fund SII (Abb. 6). Die linke Schuppe des Proatlas des Skelettes SII ist annähernd vollständig. Die ganze Form der Knochenplatte kommt der eines sehr stumpfwinkligen Dreieckes nahe. Die Hinterseite ist im ganzen deutlich gewölbt, die Vorderseite in der Mitte eingesenkt. Das Vorderende, die kürzeste Seite des Dreieckes, ist bis 15 mm dick, auf der Oberseite stellenweise höckerig. Die vordere Endfläche ist eingesenkt und hat den Charakter einer Facette zur Anlage am Hinterhaupt. Hinten wird die Schuppe dünn und schließlich sehr schmal. Ohne die nicht erhaltene äußerste Spitze ist der Knochen 8,8 cm lang, bei einer Breite von 3,2 cm.

Beim Schädel t 1 fanden sich die beiden Knochenschuppen des Proatlas. Die linke Schuppe ist in ganzer Länge (9½ cm) erhalten, ihr fehlt die mediale Randpartie bis auf ein kurzes Stück an der hinteren Spitze. Die rechte Schuppe ist nur ein Fragment von halber Länge. Soweit die schlechte Erhaltung zu urteilen erlaubt, weicht der Proatlas von t 1 von dem von SII insofern etwas ab, als das Hinterende etwas breiter und flacher gestaltet ist.

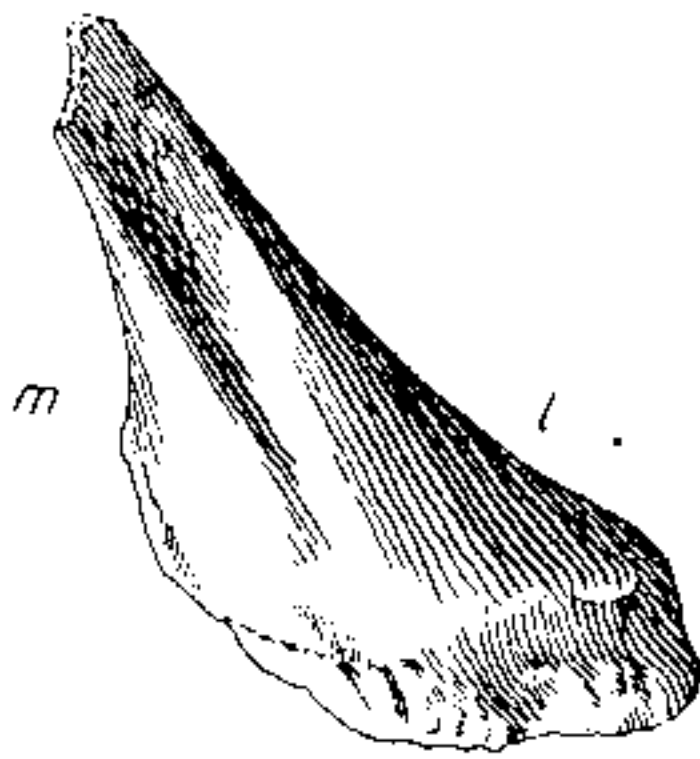


Abb. 6. Linke Schuppe des Proatlas (SII). ½ nat. Gr.
m = Medialrand, l = Lateralrand

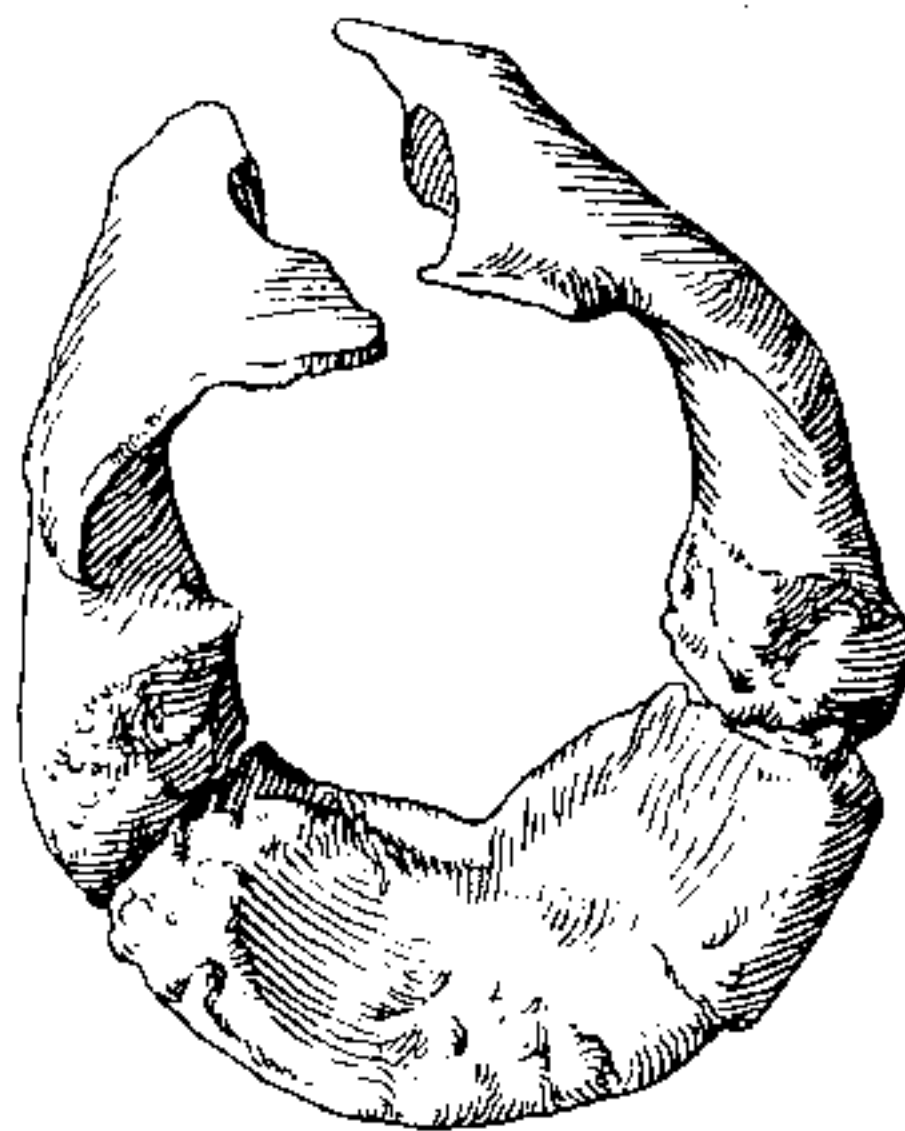


Abb. 7. Atlas (Fund t); Vorderansicht.
1/3 nat. Gr.

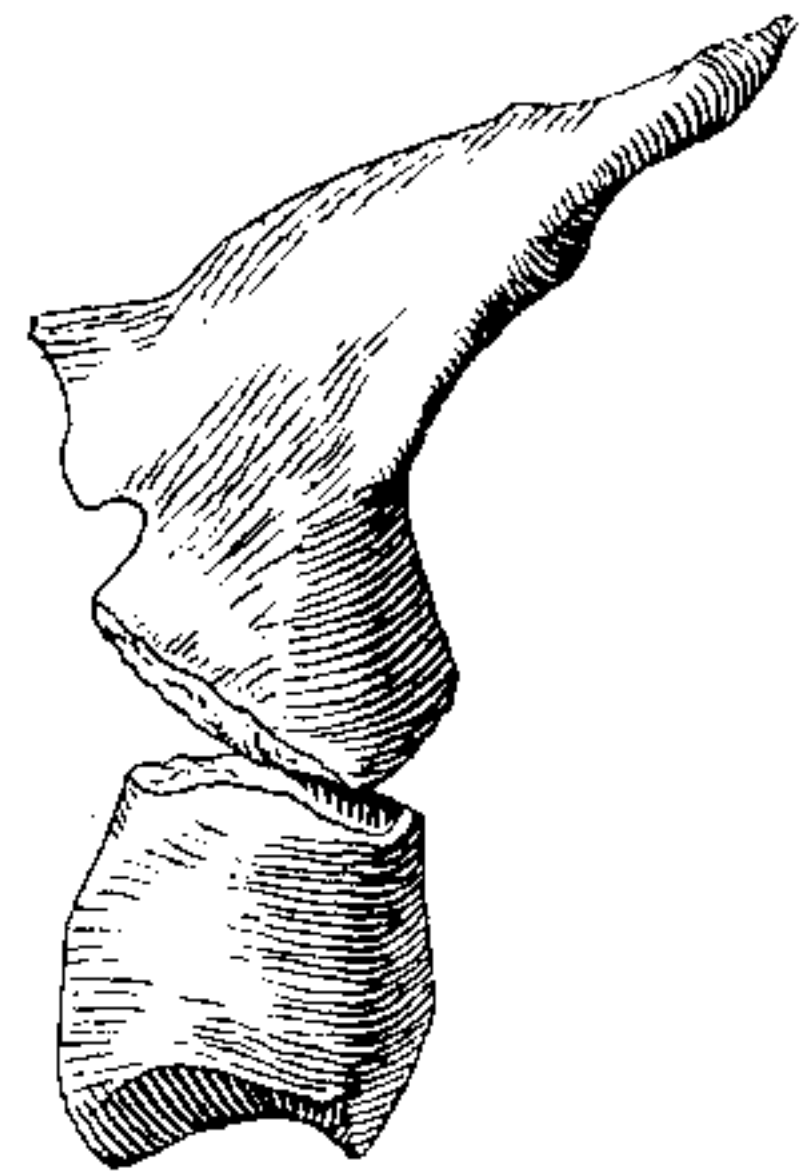


Abb. 8. Derselbe; linke Lateralseite.
1/3 nat. Gr.

1ter Präsakralwirbel, Atlas.

Fund t (Abb. 7, 8). Das Intercentrum ist ein Körper mit trapezförmigem, oben breiterem Querschnitt. Die Höhlung für den Hinterhauptcondylus nimmt die ganze Vorderfläche ein, über dem Unter- rand ist sie außerordentlich grobhöckerig. Der Ausschnitt für den Dens epistrophei in der Oberseite ist wenig tief. Die breite Ventralfläche ist deutlich konkav eingesenkt. Die nicht klar umgrenzten Nahtflächen für die oberen Bögen schneiden die oberen seitlichen Kanten des Intercentrums schräg ab. Die größte Länge (ventral) beträgt 5,0 cm, die größte Breite (dorsal) 11,1 cm, die größte Höhe 5,3 cm. Hervorgehoben sei, daß am Intercentrum von einer Facette für eine Halsrippe nichts zu erkennen ist.

Die beiden vollständigen Hälften des Neuralbogens sind bis auf abgewitterte Randpartien und angewitterte Oberflächenstellen vollständig und wenig verdrückt. Der basale Abschnitt hat etwa die Form eines niedrigen, medial abgeflachten Kegels. Aus der Lateralwand wächst die dorsale, langgezogene,

dreieckige, stark gewölbte Lamelle heraus, die hinten in eine verstärkte, nach medial gekrümmte Spitze ausläuft und links $13\frac{1}{2}$ cm lang und 8 cm breit ist. Der vordere Abschnitt der Lamelle bildet jederseits das Dach des Neuralkanals, dahinter sitzt auf der Unterseite die elliptische, kräftig konkav eingewölbte Facette für die Präzygapophyse des Epistropheus. Der Lateralrand der Lamelle wächst an der Stelle, wo er sich vom Basalabschnitt frei macht, in Form eines schmalen Trochanters vor.

2ter Präsakralwirbel, Epistropheus.

F u n d SI (Abb. 9, 10, 14–16). Der Wirbel ist annähernd vollständig, etwas schief seitlich zusammengedrückt; der hintere Abschnitt des Neuralbogens scheint dadurch etwas zu hoch geworden zu sein. Der gestreckte Wirbelkörper ist in seinem mittleren Abschnitt beiderseits durch eine langgezogene, pleurozentrale Grube, die nach vorn und hinten taschenartig einspringt, in seiner Masse in so hohem Grade eingeeengt, daß zwischen den beiden Gruben eine stellenweis nur 1 mm starke Wand übriggeblieben ist, die etwas unsymmetrisch rechts von der Medianebene steht. Mit dem Vorderende ist das Intercentrum und der Atlaskörper nebst Dens epistrophei knöchern verwachsen. Der etwa 4 cm breite Dens springt oben kräftig vor und hat auf seiner Oberseite eine stark ausgeprägte, breite Längsrinne; im übrigen ist die Endfläche deutlich konkav. Die hintere Endfläche ist tief und gleichmäßig eingehöhlt. $2\frac{1}{2}$ cm hinter der vorderen Endfläche, wenig unter der halben Höhe, sitzt die links klar sichtbare rundliche, ganz flach konkave, 18 mm breite Facette der Parapophyse. Von ihr geht nach hinten horizontal eine Leiste aus, die rechts kurz und dünn ist, links aber als kräftiger Balken die pleurozentrale Grube in ihrer ganzen Länge begrenzt (hintere Centroparapophysialleiste). Der Wirbelkörper ist eingezogen und weist einen ventralen Grat auf.

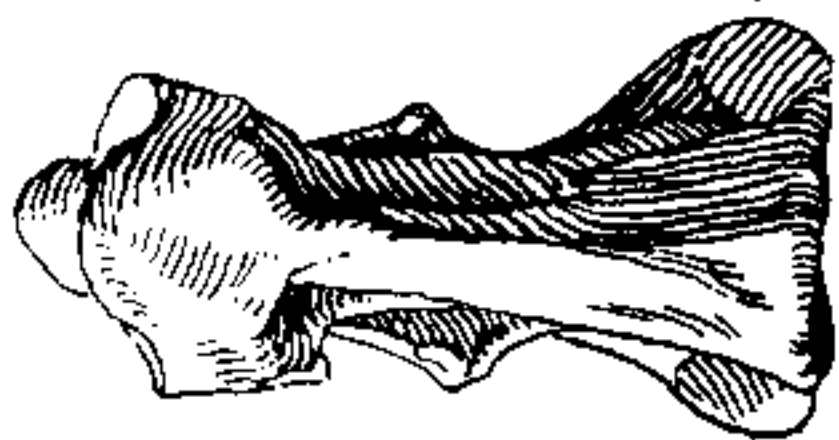


Abb. 9

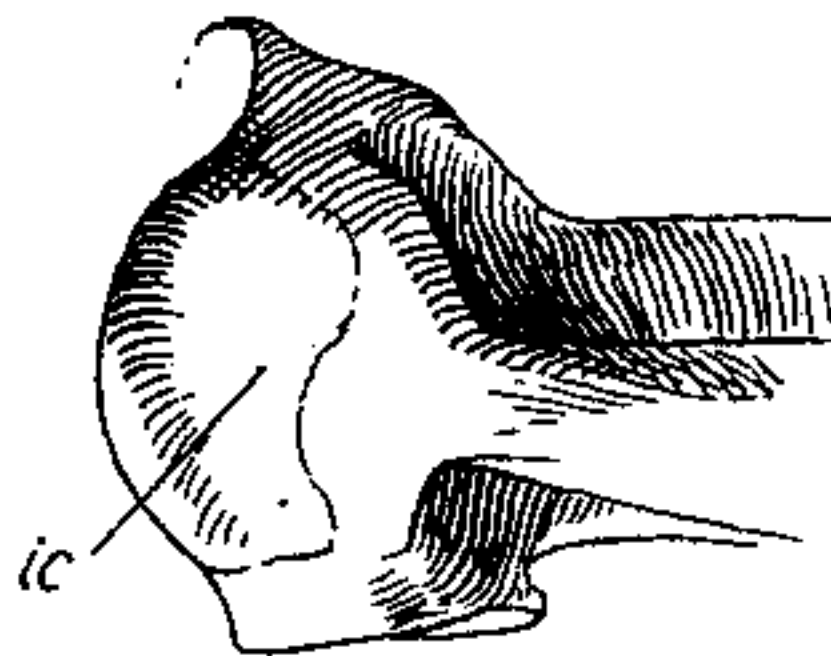


Abb. 10

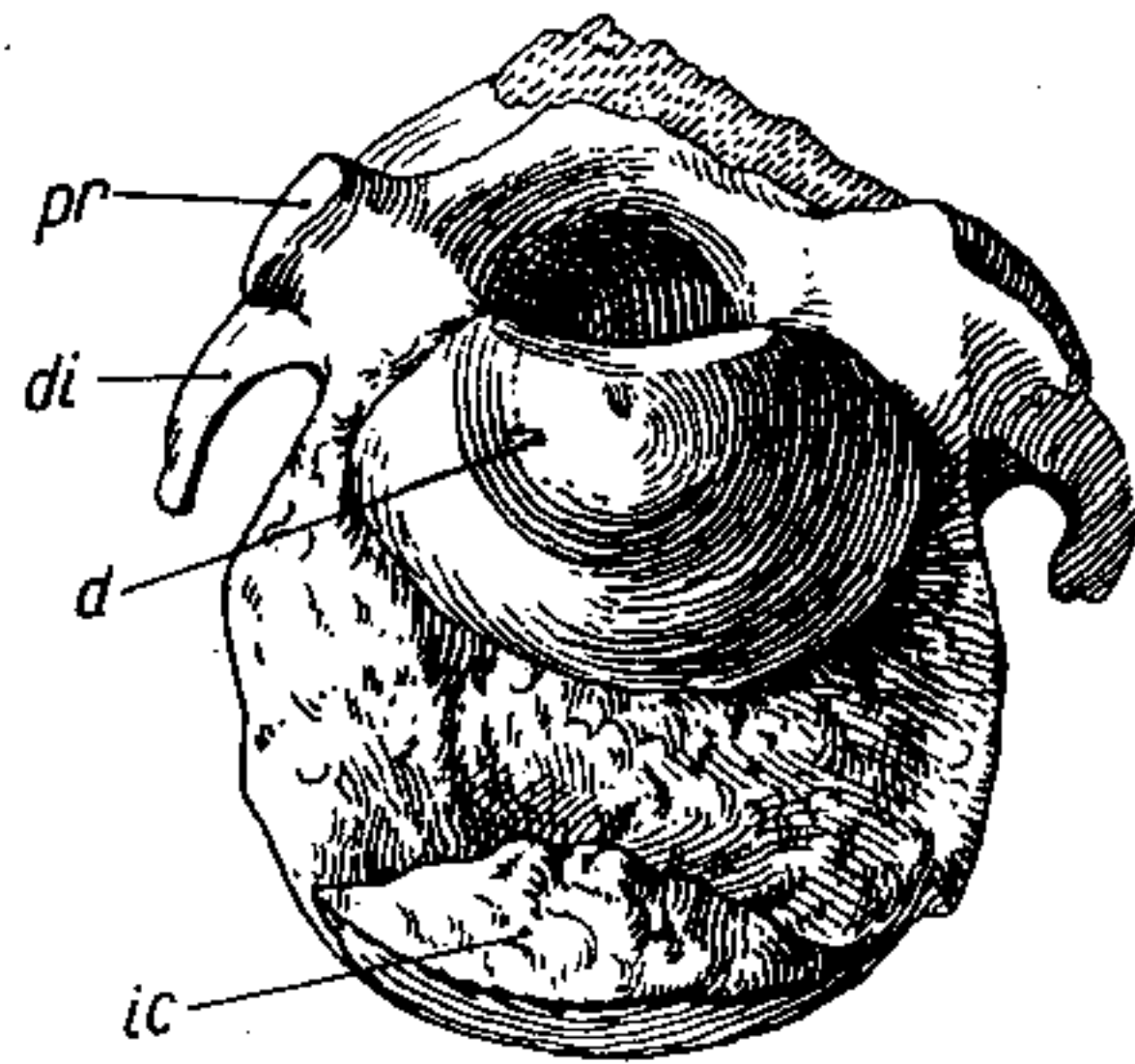


Abb. 11

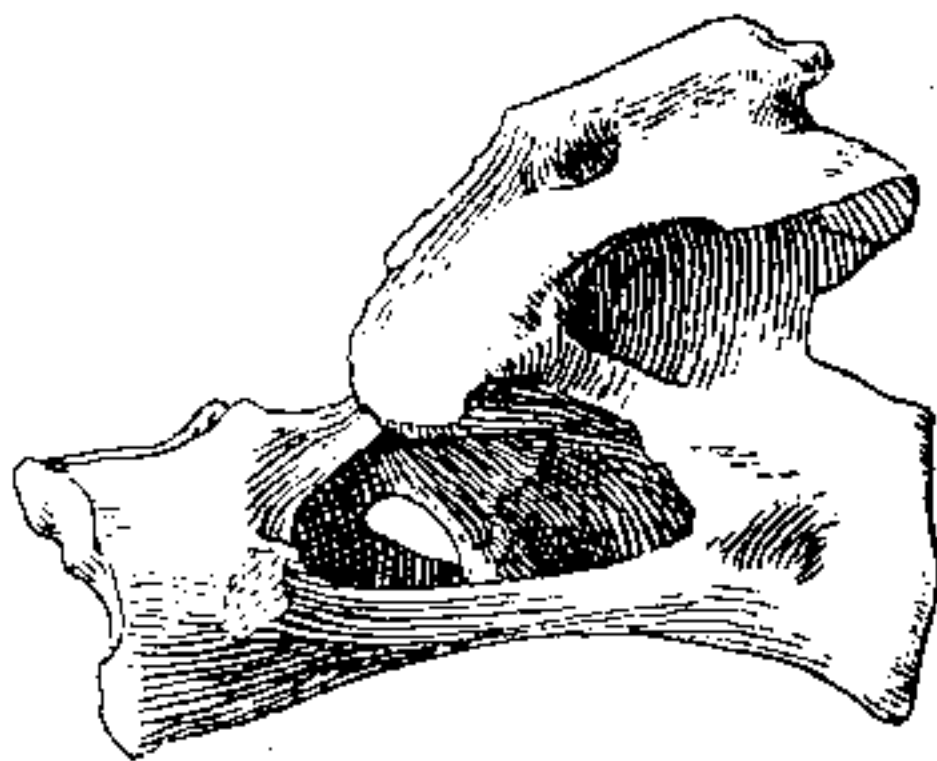


Abb. 12



Abb. 13

Abb. 9. Epistropheus (SI); Ventralansicht. $\frac{1}{5}$ nat. Gr.

Abb. 10. Derselbe Wirbel; Vorderabschnitt der Ventralseite. $\frac{2}{5}$ nat. Gr. ic = Intercentrum.

Abb. 11. Epistropheus (Fund t); Vorderansicht. $\frac{1}{3}$ nat. Gr.
d = dens epistrophei, di = Diapophyse
ic = Intercentrum, pr = Präzygapophyse.

Abb. 12. Epistropheus (Fund be 1); linke Seitenansicht. $\frac{1}{6}$ nat. Gr.

Abb. 13. Derselbe Wirbel; Vorderansicht. $\frac{1}{6}$ nat. Gr.

Die Präzygapophyse sitzt oben unmittelbar neben der vorderen Mündung des Neuralkanales als ein Knopf mit einer flach gewölbten, elliptischen Facette, die, rechts 30 mm lang und 18 mm breit, sich stark nach lateral absenkt. Die Diapophyse hängt als schmaler, sich zuspitzender Zapfen herab. Die Neurapophyse besteht über der vorderen Hälfte des Wirbels in einem nach hinten ansteigenden, sehr scharfen hohen Grat, der vorn in einer Spitze vorspringt, nach hinten aber zu einem breiten Dach wird, das in einem dicken, rauhen, $6\frac{1}{2}$ cm breiten Wulst endet, der eine tief einspringende, umfangreiche Nische zwischen den Postzygapophysen überdacht. Ihre Facette biegt sich in starkem Schwung von außen nach innen und unten um und hat eine Breite in oral-kaudaler Richtung von fast 5 cm. Die Suprapostzygapophysialleiste ist dick und kurz, die Postzygodiapophysialleiste ist zunächst dünn und überdacht eine tief einspringende Nische, dann verläuft sie im Bogen abgestumpft abwärts zur Diapophyse.

Maße der Präsakralwirbel der Funde SI, Y, be, no, AR in cm.

Katalog- bezeich- nung	Platz	Gesamtlänge des Wirbels ab Vorder- ende der Prä- zygapophyse bis hinterer Oberrand des Wirbel- körpers	Gesamthöhe des Wirbels	Gesamtlänge des Wirbel- körpers in $\frac{1}{2}$ Höhe	Länge des Wirbel- körpers ohne Condylus in $\frac{1}{2}$ Höhe	Höhe des Vorderendes des Wirbel- körpers	Breite des Vorderendes des Wirbel- körpers	Höhe des Hinterendes des Wirbel- körpers	Breite des Hinterendes des Wirbel- körpers
S 71	2		25,4	23,2 ¹⁾	—	9,8 (±)	9,0 (±)	10,0 (±)	8,2 +
S 51	3	35,2	27,0	30,6	27,1	8,3	9,5	11,6	12,3 (+)
S 70	4	51,0	32,5	45,7	42,2	10,0 (±)	9,3 +	13,8	13,2 (+)
S 58	5	65,9	34,8	56,0	51,8	12,5 ±	14,5 ±	15,2 ±	17,8 (±)
S 65	6	71,0 +	34,7	69,1	61,8	12,3 +	17,3	15,0 +	22,1
S 43	7	75,7 +	49,2	70,5	63,0	—	17,8 ±	22,5	19,8
Y 3		66,4	36,0	59,7	51,5	11,5 (+)	14,3 (+)	15,4	16,1 +
Y 4		76,5	—	65,6 (+)	57,1 (+)	15,1	17,5	18,6 +	21,2 (+)
be 1	2		20,8	26,5 ¹⁾	22,9 (+)	8,6	10,3	9,2	9,9 +
be 2	3	43,4	25,2	40,2	34,3	7,7	9,8	12,1 (±)	13,7 (±)
be 3	4	62,6	25,3 +	58,3	52,1	9,3	12,2	—	—
be 5	6	87,2	—	78,9	72,5	13,1	20,1	19,4	22,7
no 8			82,8	34,6	23,2	32,7	45,6 (—)	38,1	44,7
AR 1			76,5 +	24,3			29,6 +	28,4	24,0

¹⁾ Länge einschließlich Dens.

Erklärung der Zeichen in den Tabellen.

- + Betrag zu klein wegen unvollständiger Erhaltung oder wegen Formstörung.
- (+) Betrag um ein wenig zu klein wegen unvollständiger Erhaltung oder wegen Formstörung.
- Betrag zu groß wegen Formstörung.
- (—) Betrag um ein wenig zu groß wegen Formstörung.
- ± Betrag unsicher, zu klein oder zu groß.
- (±) Betrag um ein wenig unsicher, zu klein oder zu groß.

F u n d t (Abb.11). Vorhanden ist nur die vordere Hälfte des Wirbels, deren Neurapophyse nicht erhalten ist. Die Oberfläche ist größtenteils von etwas klaffenden Sprüngen mosaikartig durchsetzt; das Volumen kann dadurch etwas aufgetrieben sein, während Verdrückung die Höhe etwas erniedrigt haben mag.

Der Atlaskörper mit dem Dens und das Intercentrum sind nicht mit dem Körper verwachsen. Die Nahtflächen dieser beiden Elemente, ebenso die vordere Endfläche des Körpers haben grobhöckerige Oberfläche. Die linke pleurozentrale Grube springt tiefer ein als die rechte. Die Postzygodiapophysiale springt sehr scharfrandig und viel weiter heraus als bei *Epistropheus* SI. Die Diapophyse ragt als kurzer Lappen nach unten vor. Außer der Diapophyse weicht gegenüber SI auch die Präzygapophyse dadurch ab, daß der sie tragende säulenförmige Vorderrand des Neuralbogens offenbar wesentlich niedriger ist; etwaige Verdrückung könnte den Unterschied kaum ausgleichen.

Am isolierten Atlaskörper trennt ein stark ausgeprägter Absatz den weit vorragenden viertelkugligen, condylusartigen eigentlichen Dens epistrophei ventral und lateral von dem breiten Kegelsockel. Dicht unter seinem Oberrand weist der Dens die tief eingesenkte, enge, längliche Grube für das zum Hinterhauptcondylus führende Band auf.

F u n d b e I (Abb.12, 13, Taf.I Fig.1, 4). Es fehlt der vordere Abschnitt des Neuralbogens mit den Präzygapophysen, der rechten Diapophyse und der linken Diapophyse zum Teil. Der *Epistropheus* b e I übertrifft an Länge den *Epistropheus* SI erheblich. In seiner Gesamterscheinung weicht er von ihm bemerkenswert durch seine geringe Höhe ab. Die Facetten der Postzygapophysen sitzen mit ihrem Lateralrand etwa 9 cm hoch, also trotz der bedeutenden Gesamtgröße nicht höher als beim *Epistropheus* SI. Die nur in ihrer hinteren Hälfte erhaltene Neurapophyse ist viel niedriger, sie ragt 12 cm über den Boden des Neuralkanals auf gegenüber etwa 15 ½ cm bei SI.

Am Körper, der höchstens im vordersten Abschnitt unbedeutend in senkrechter Richtung verdrückt sein kann, sitzt knöchern und ohne deutliche Nähte verwachsen der Atlaskörper mit dem Dens und das Intercentrum. Die breite Abflachung des mittleren Abschnittes der Ventralfläche des Körpers weicht erheblich ab von der unsymmetrischen Kielbildung beim *Epistropheus* von SI.

3ter – 24ter Präsakralwirbel.

(Abb. 17–66. Taf. I, Fig. 2–3, 5–8)

Wirbelkörper. Der langgestreckte Wirbelkörper der Halswirbel vom 3ten ab gliedert sich in drei Abschnitte, das Vorderende mit dem kugligen Condylus, das mehr oder weniger walzenförmige, die Gelenkpfanne enthaltende Hinterende und einen langen, zwischen beiden Endabschnitten liegenden mittleren Abschnitt, der im wesentlichen nur aus einer ventralen Platte und einer auf ihr aufsteigenden, median oder annähernd median gestellten dünnen Wand besteht. Der Raum jederseits dieser Wand, die pleurocentrale Grube („Pleurocöl“), zieht sich nach hinten in das Hinterende des Körpers als tiefe Höhle hinein. Nach vorn greift die pleurocentrale Grube in den Condylusabschnitt nicht oder in weit, geringerem Grade als in das Hinterende ein und ist hier auch im allgemeinen nicht scharf umgrenzt sondern läuft meist mehr oder weniger in die laterale Oberfläche des Körpers aus. Normalerweise endet die seitliche Umrandung der Grube hinten sehr spitzwinklig. Beim 3ten PrW von SII läuft davon abweichend die pleurocentrale Grube nach hinten ohne scharfe Umgrenzung aus.

Der Condylus nimmt in der Reihe der Halswirbel dauernd an Größe zu. Er ist, wenn unverdrückt, stets annähernd halbkugelig. Ob der Condylus der letzten großen Halswirbel runden Umriß hatte, oder vielleicht etwas breiter als hoch gewesen war, ist wegen der Verdrückung bei SII nicht zu klären.

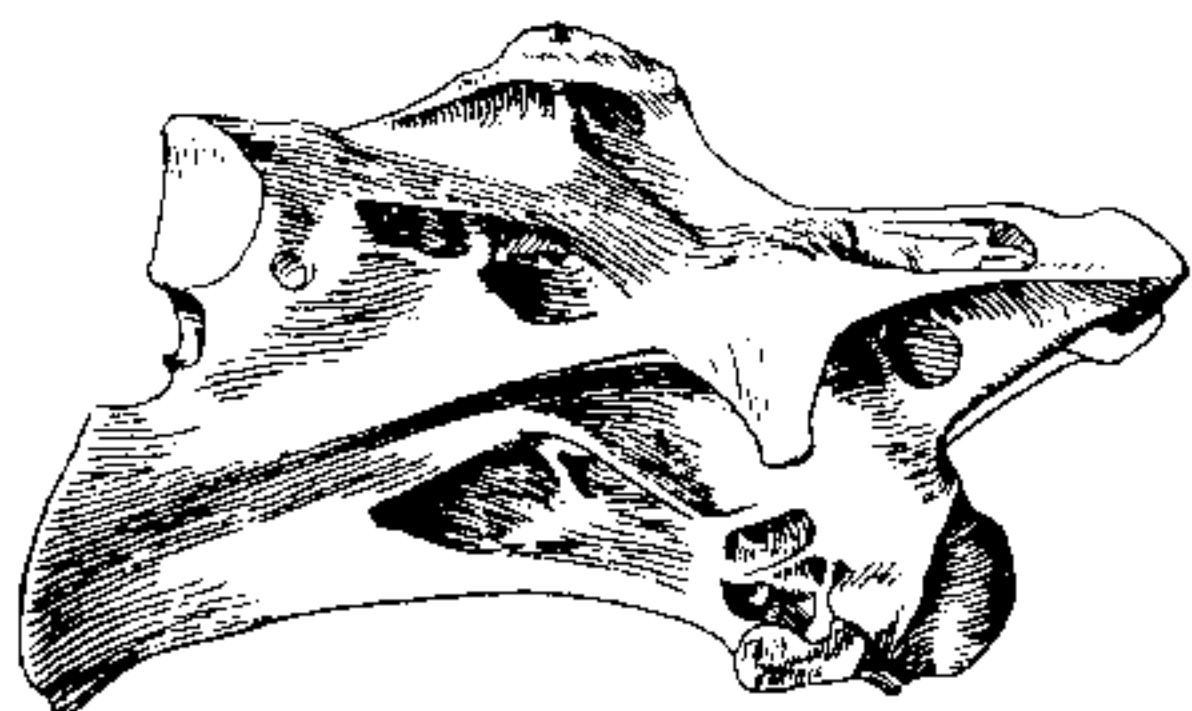


Abb. 20



Abb. 17



Abb. 14



Abb. 22



Abb. 21

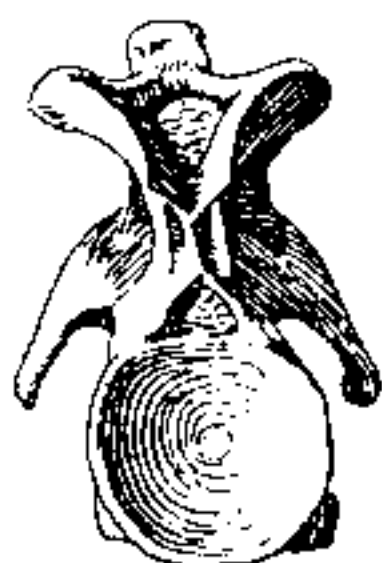


Abb. 19



Abb. 18



Abb. 16



Abb. 15

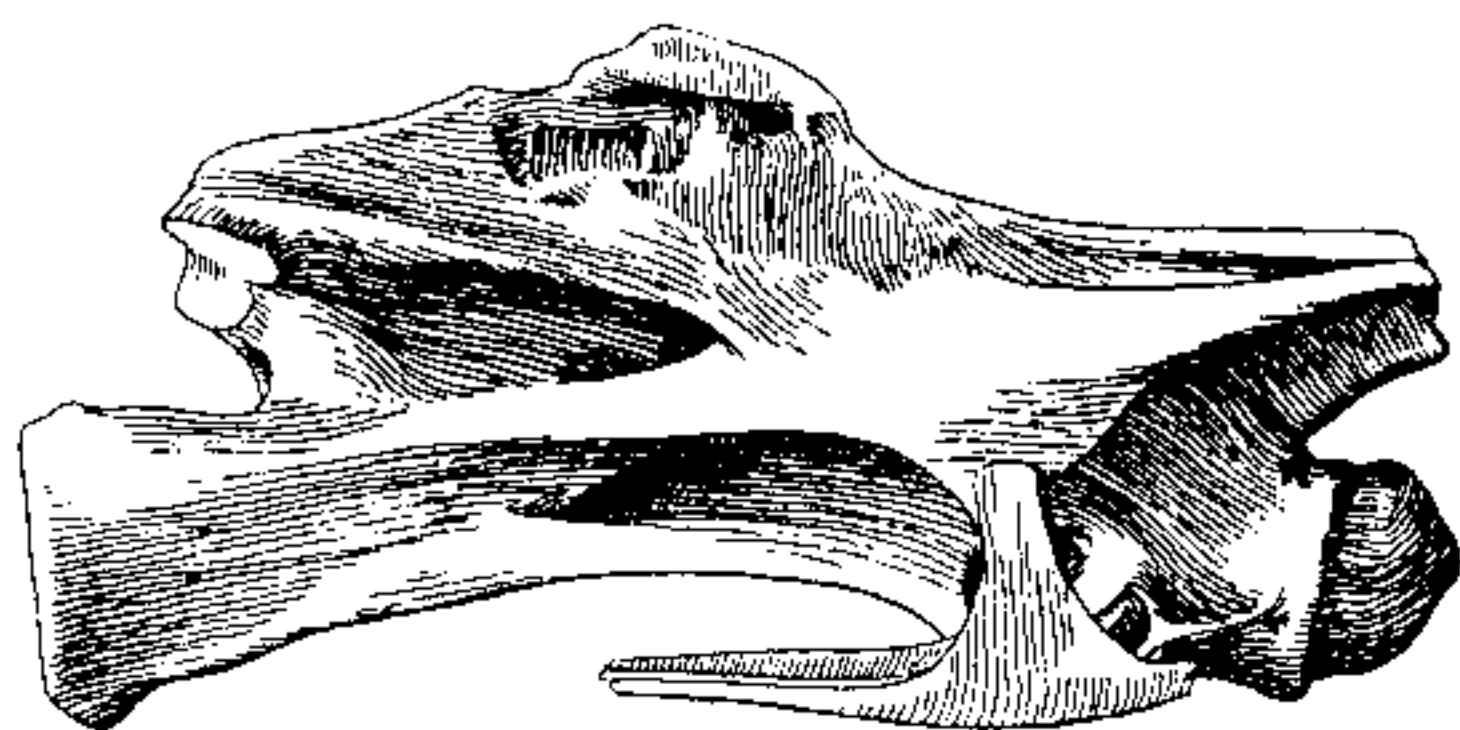


Abb. 26

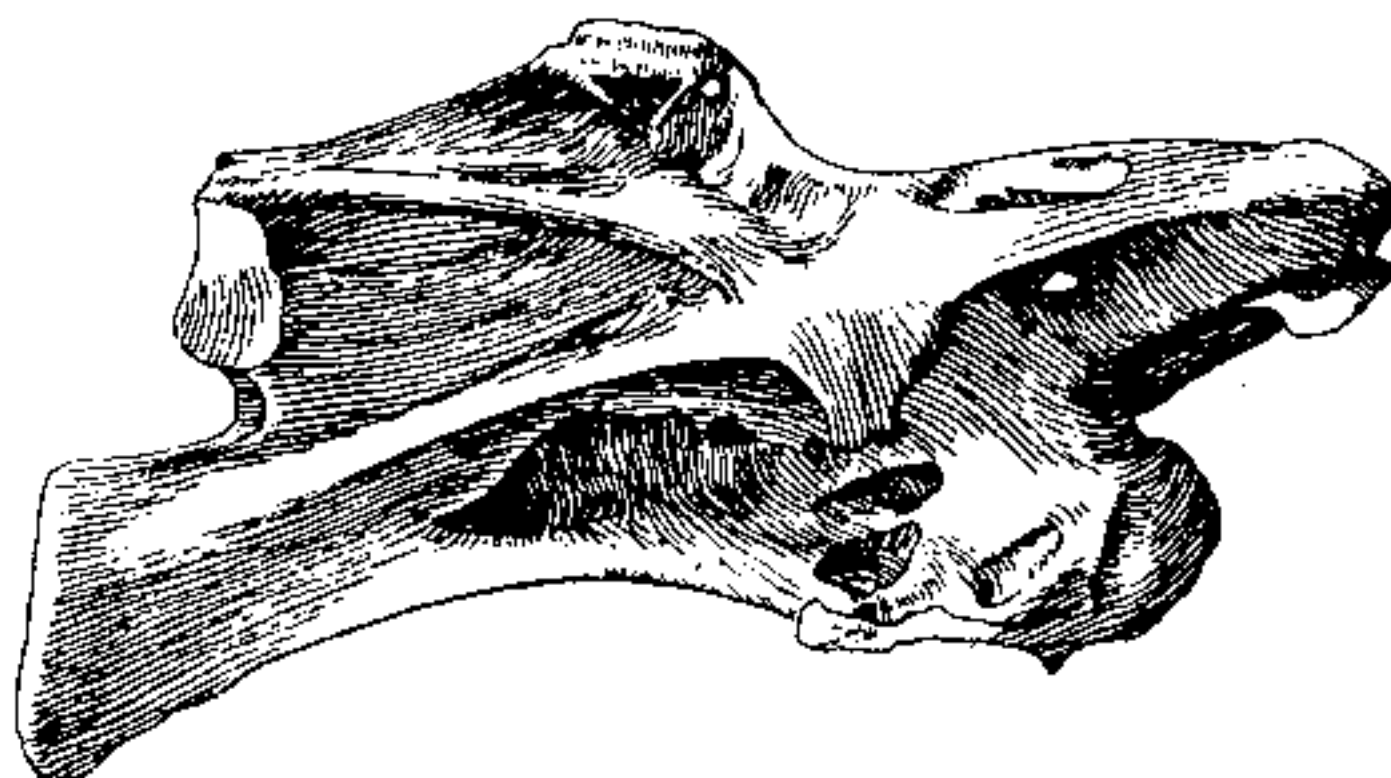


Abb. 23



Abb. 28



Abb. 27



Abb. 25



Abb. 24

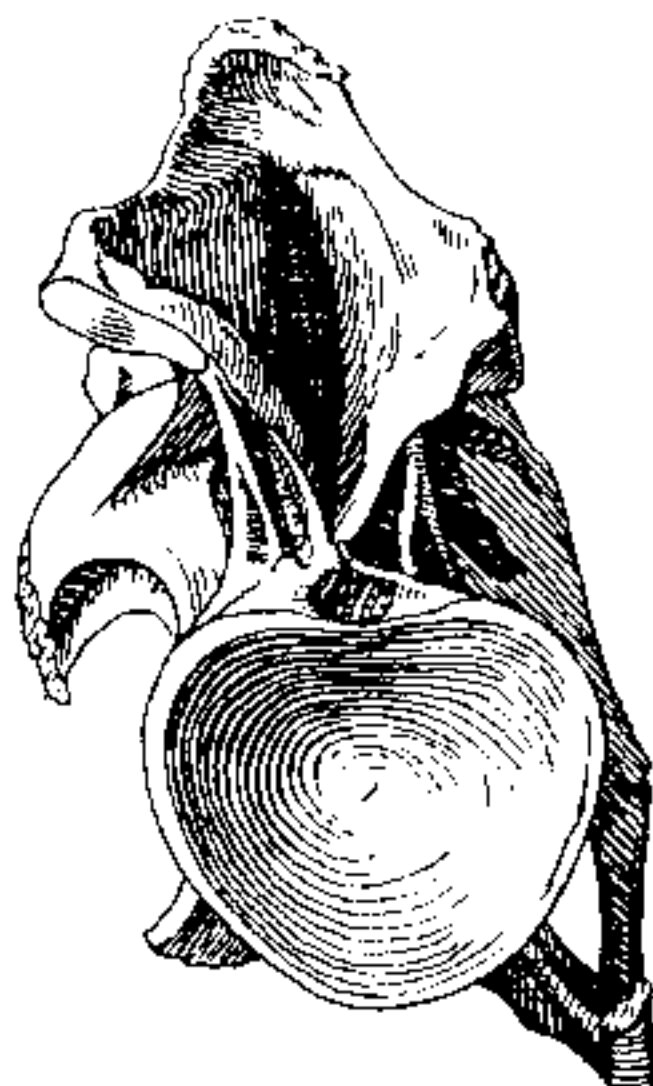


Abb. 31

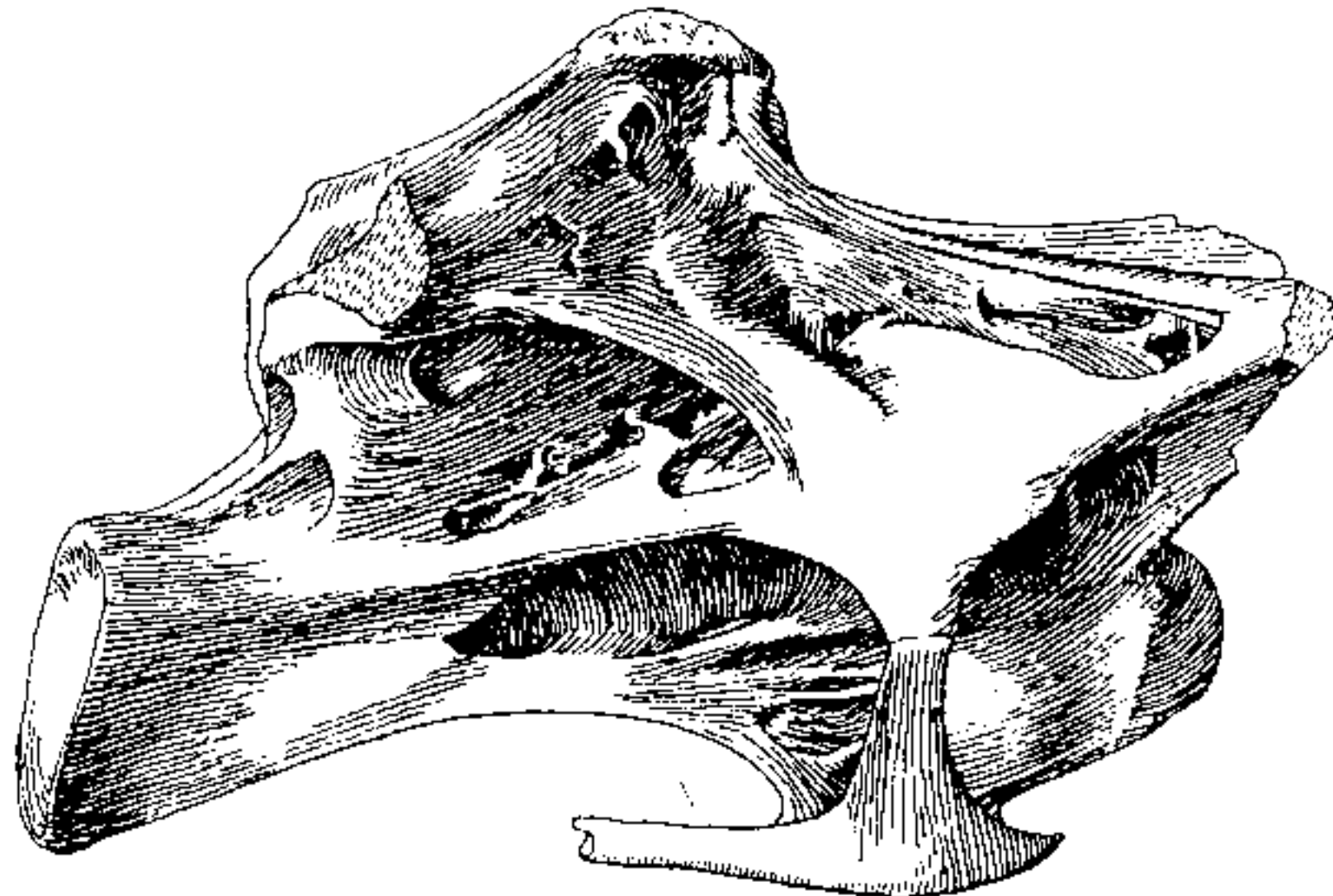


Abb. 29



Abb. 30

2ter-7ter Halswirbel (SI). $\frac{1}{10}$ nat. Größe

Abb. 14, 17, 20, 23, 26, 29 Rechte Seitenansichten,
15, 18, 21, 24, 27, 30 Vorderansichten,
16, 19, 22, 25, 28, 31, Hinteransichten.

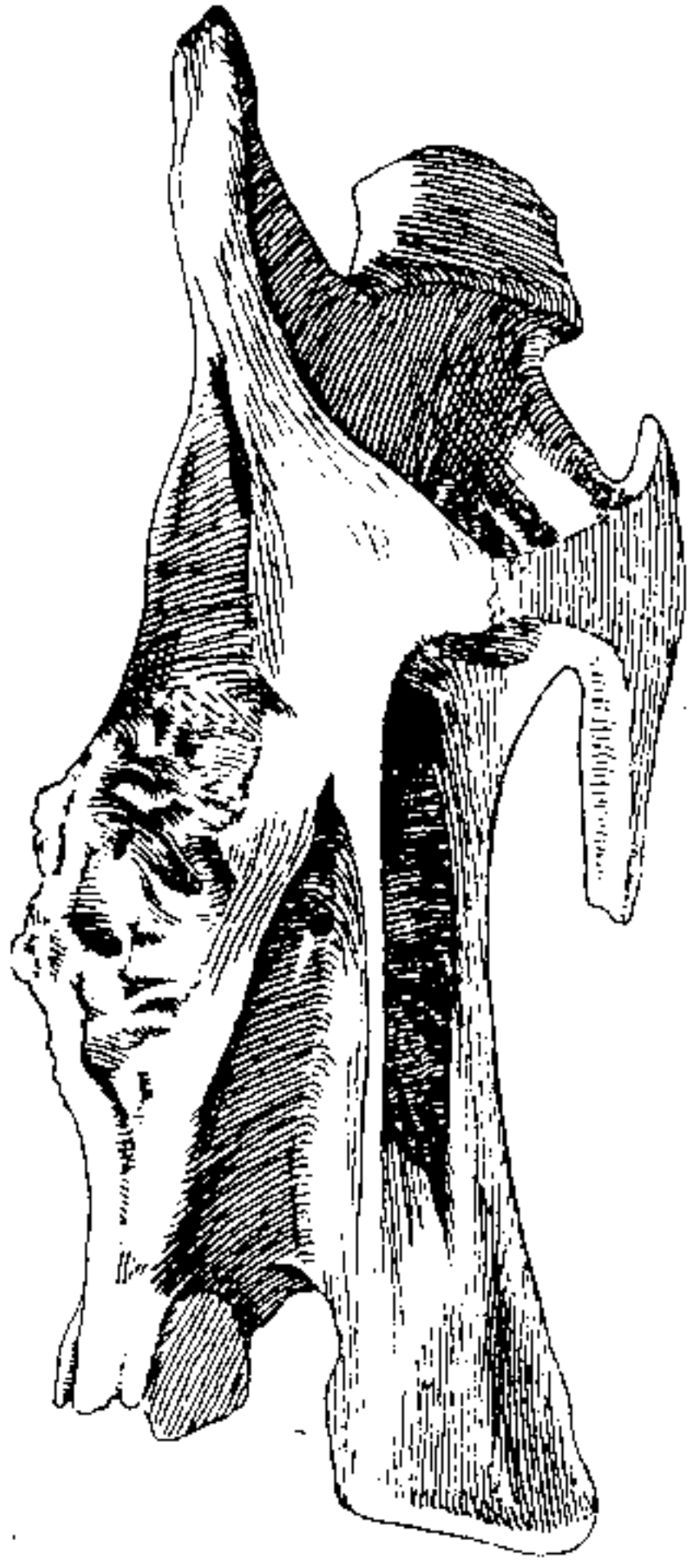


Abb. 37

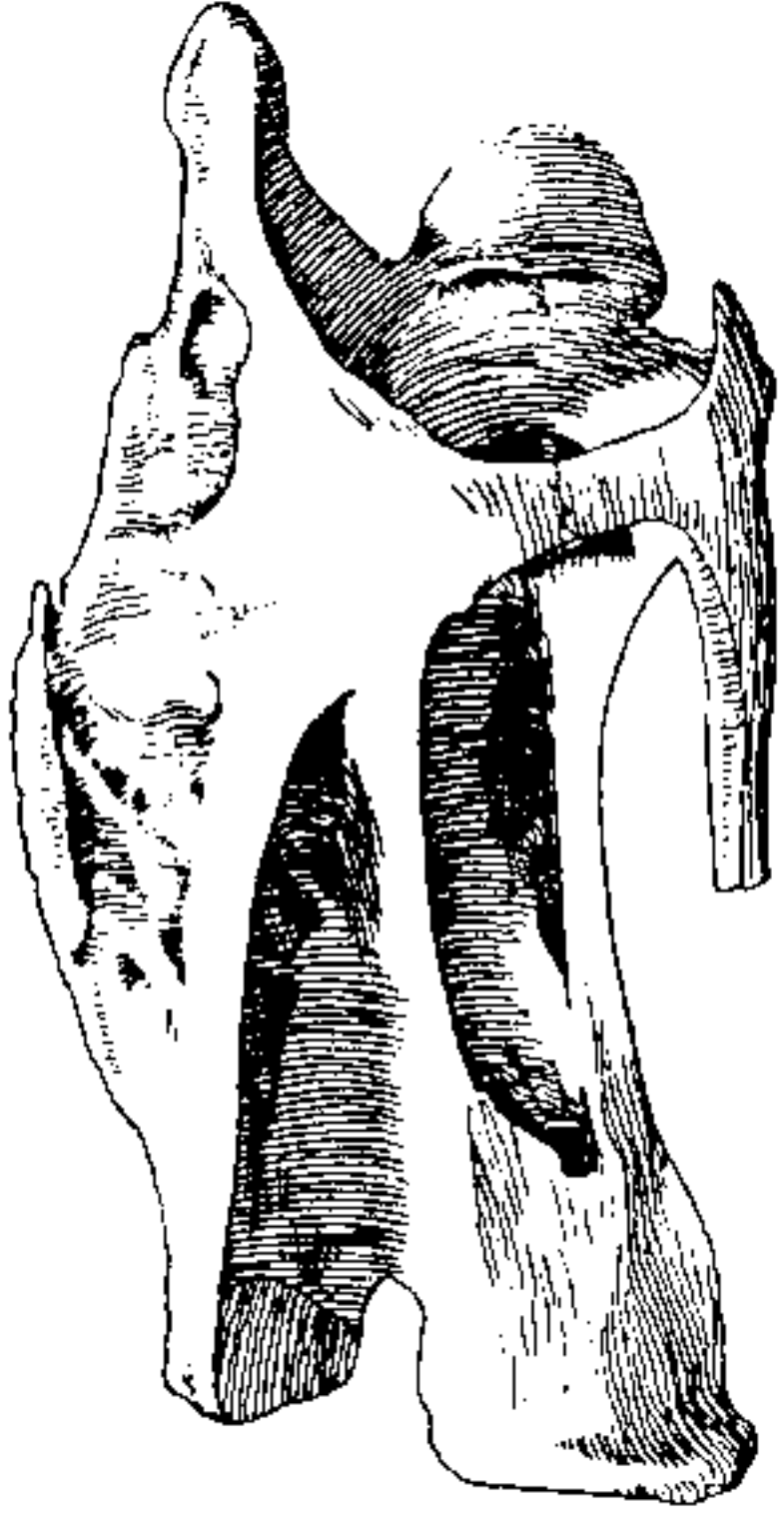


Abb. 34

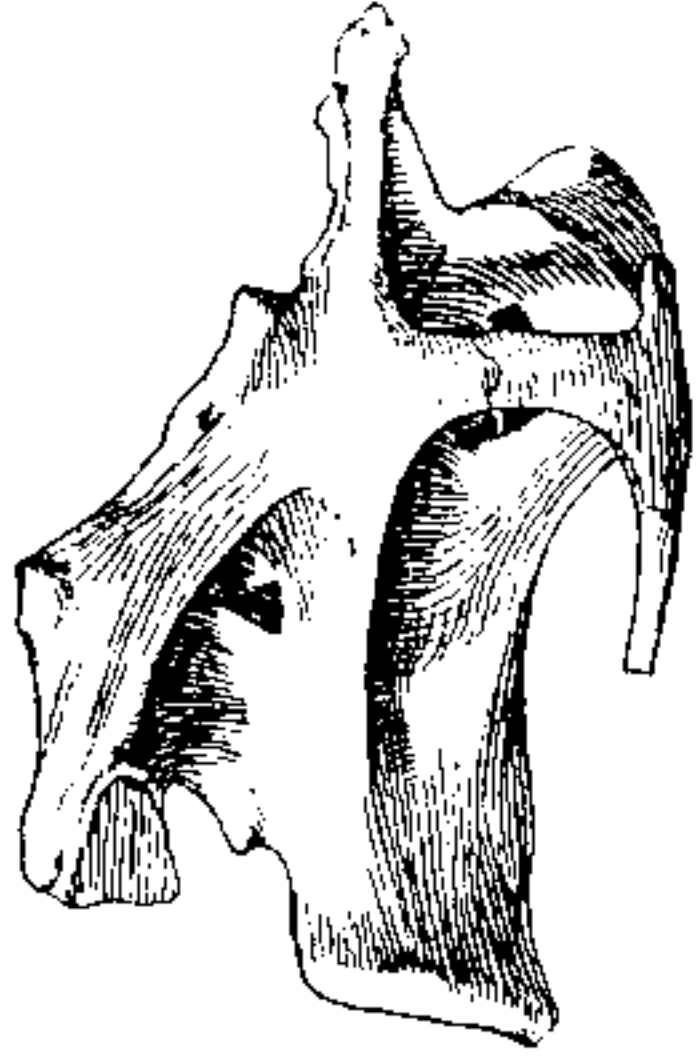


Abb. 32

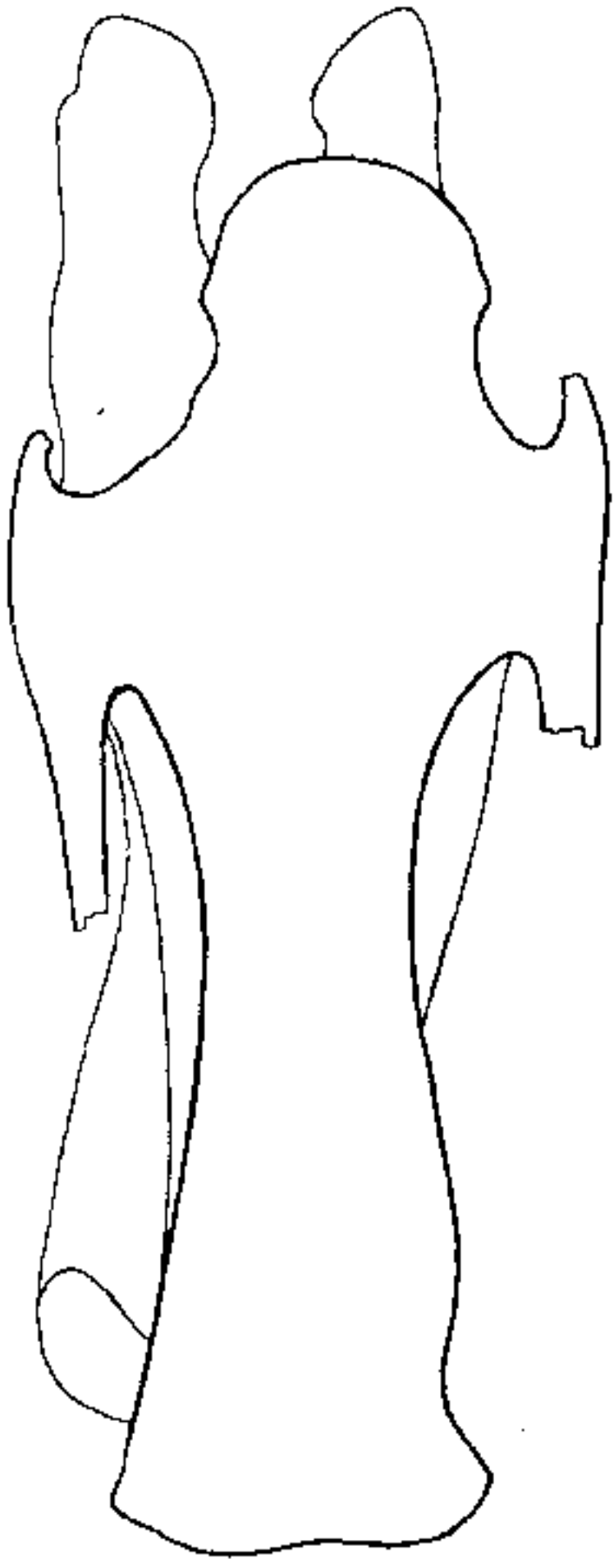


Abb. 38

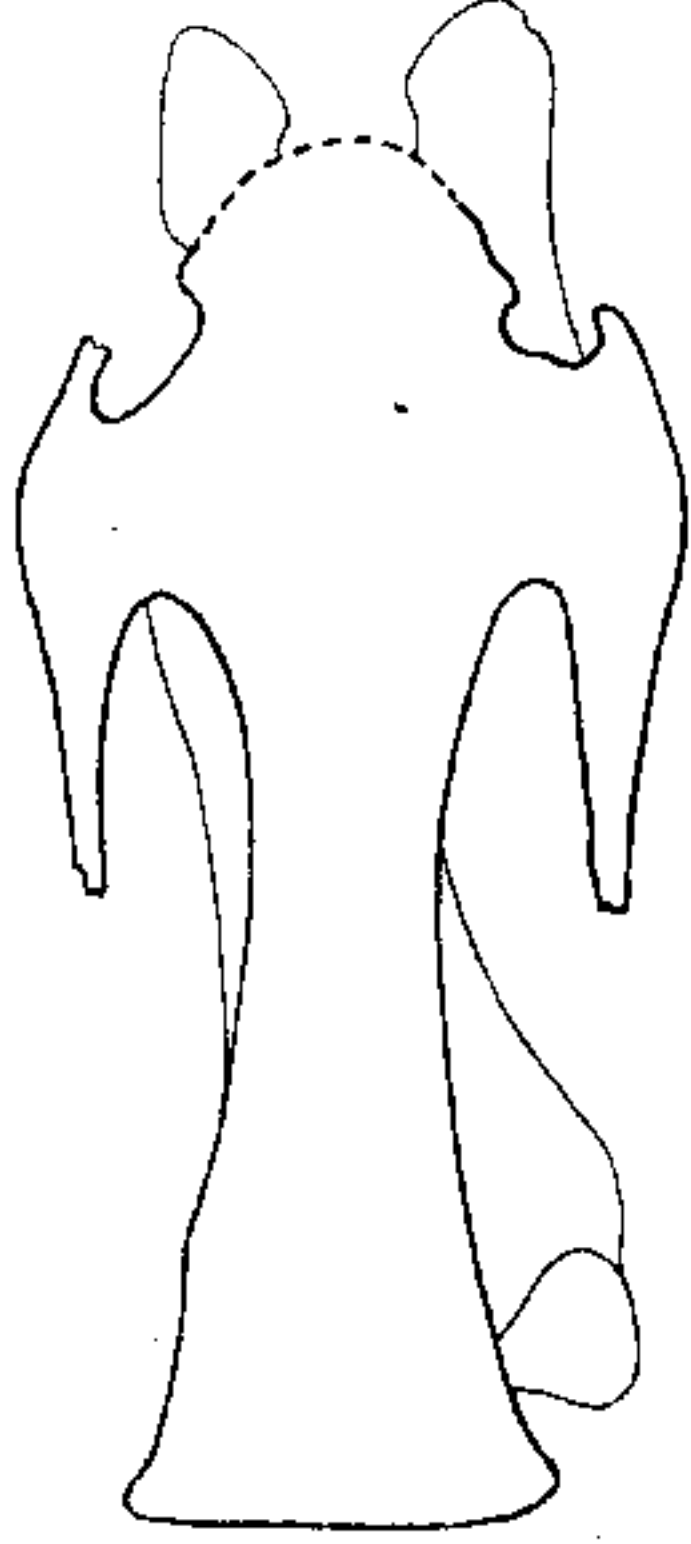


Abb. 35

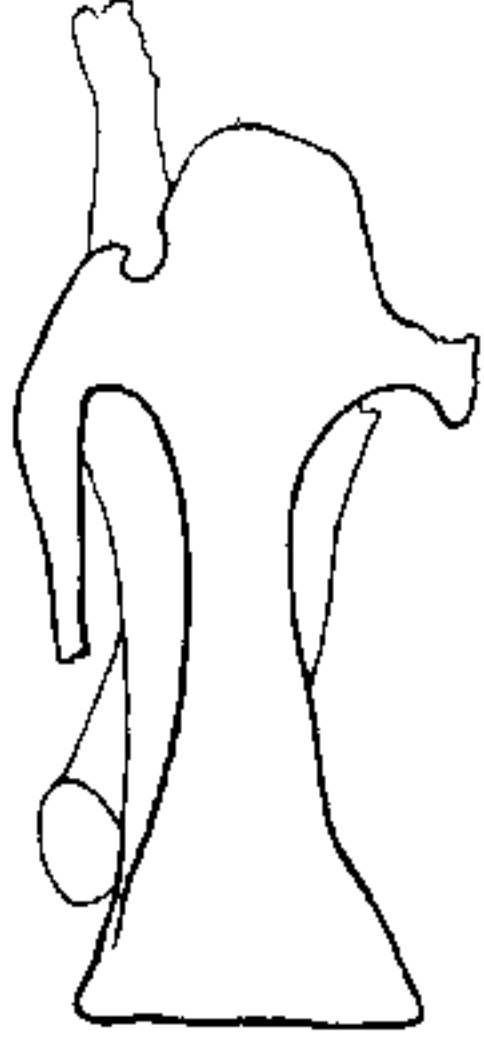


Abb. 33

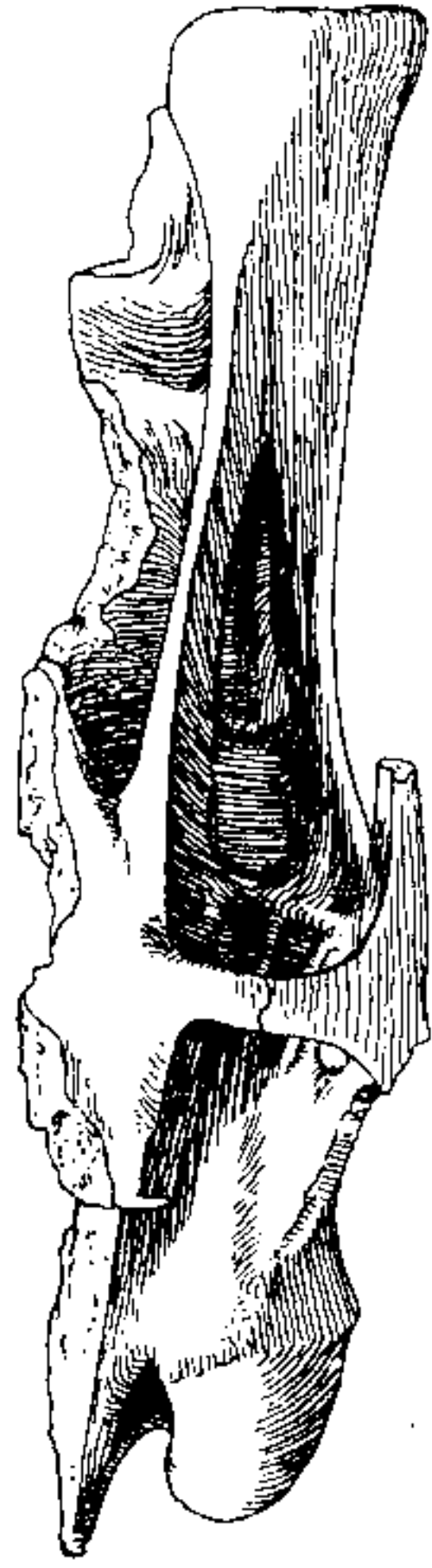


Abb. 39

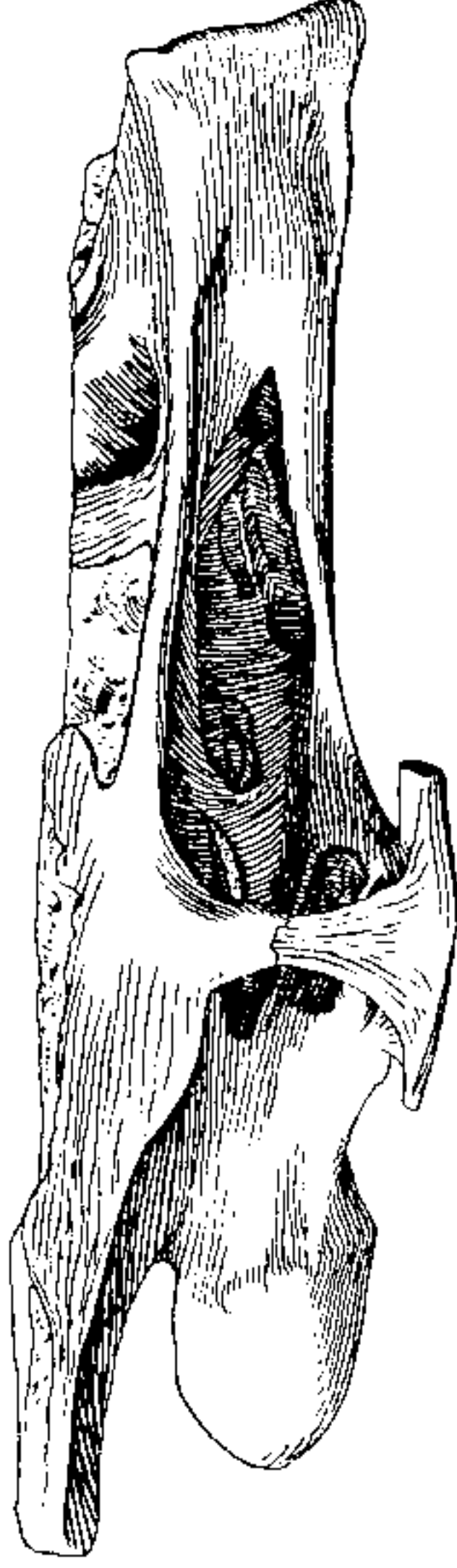


Abb. 41

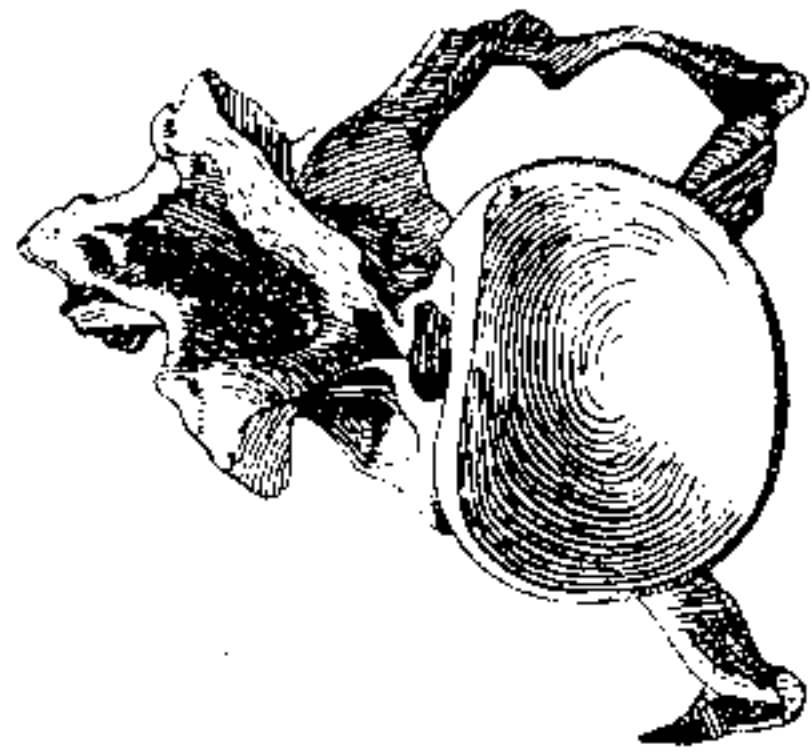


Abb. 36

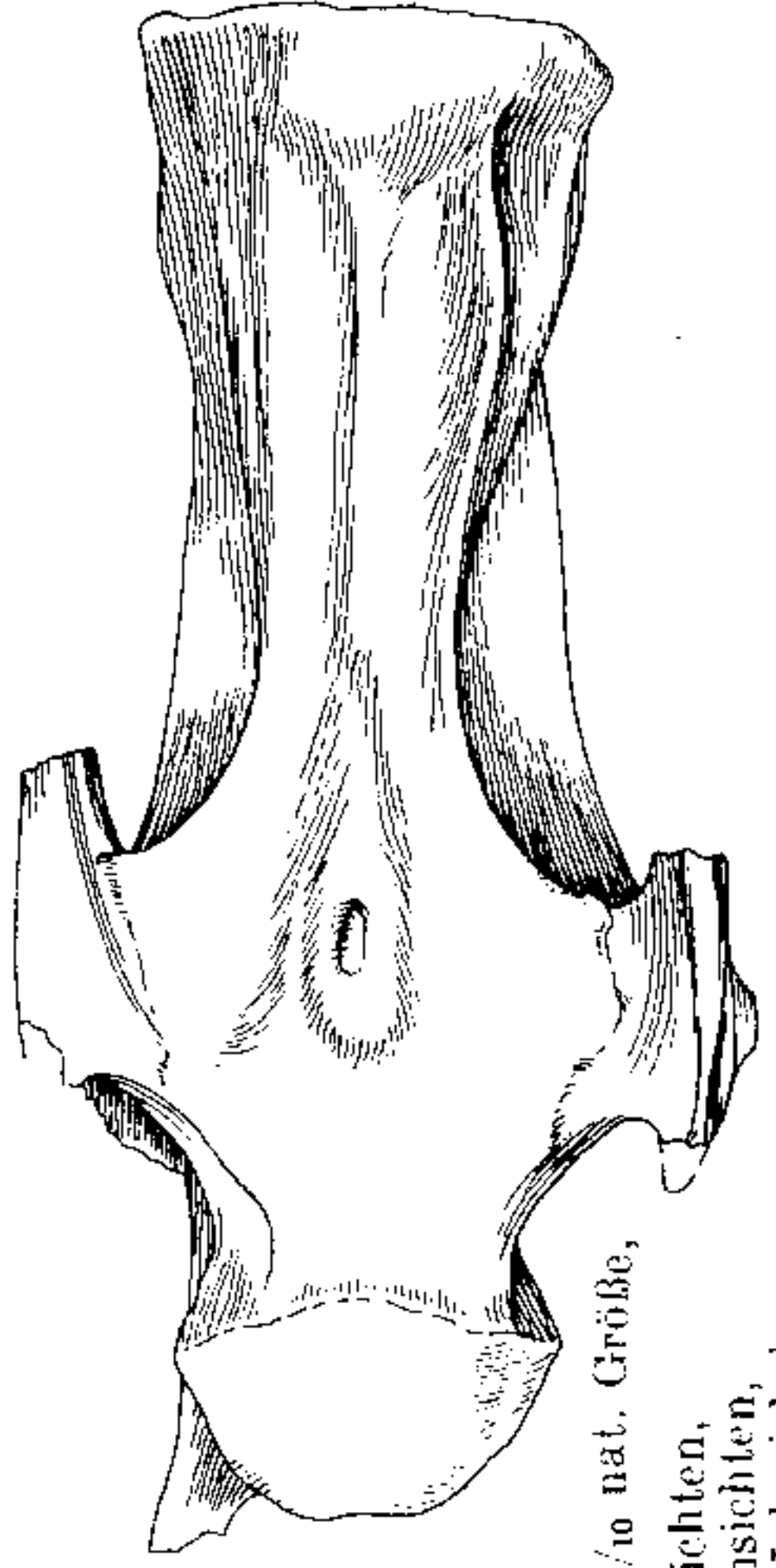


Abb. 40

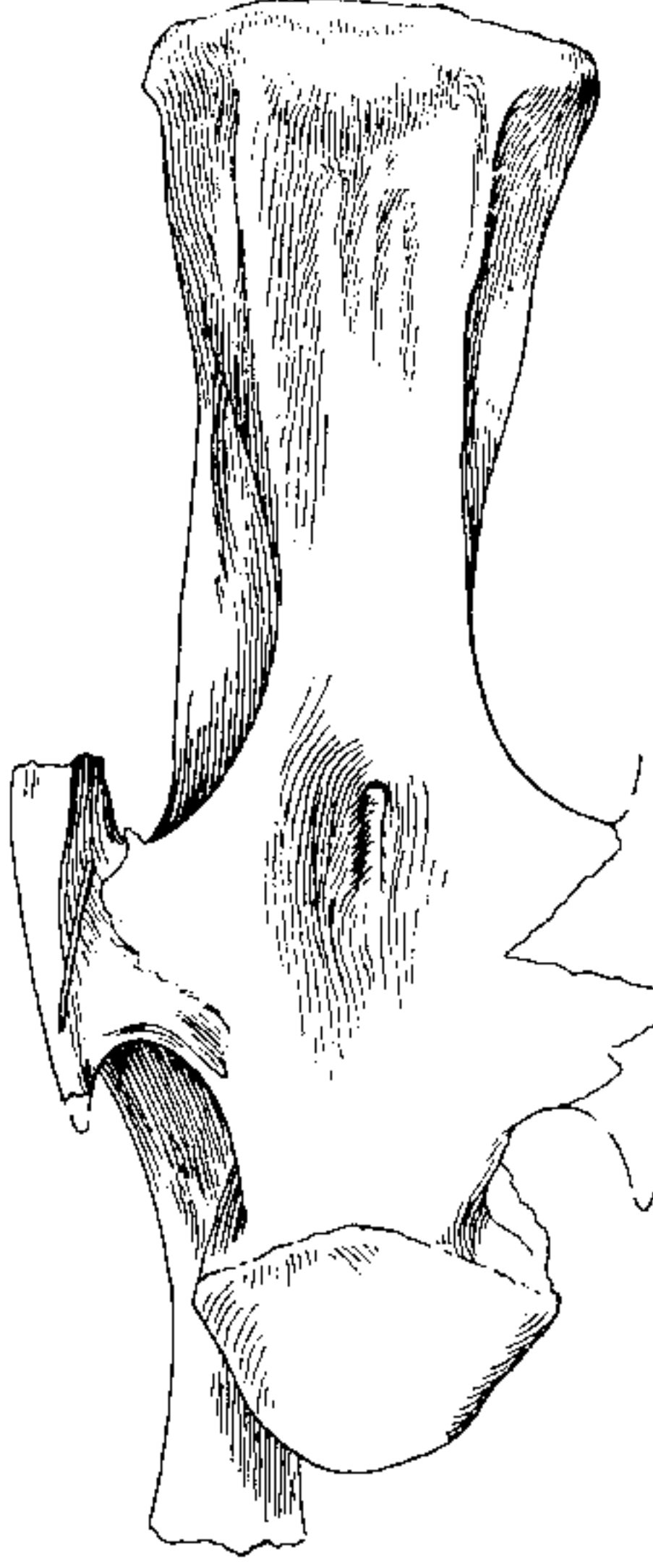


Abb. 42

3ter-7ter Halswirbel (SH) $\frac{1}{10}$ nat. Größe,
Abb. 32, 34, 37, 39, 41 Seitenansichten,
33, 35, 38, 40, 42 Ventralansichten,
36 Hinteransicht des 4ten Halswirbels.

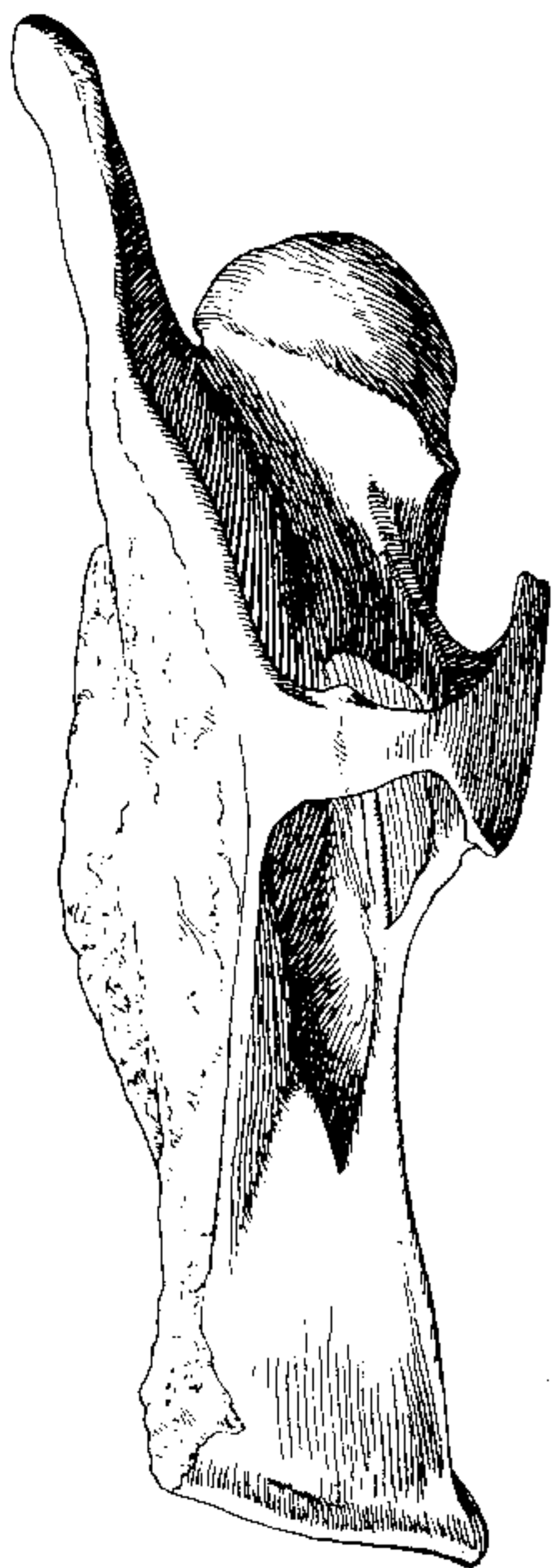


Abb. 47



Abb. 44

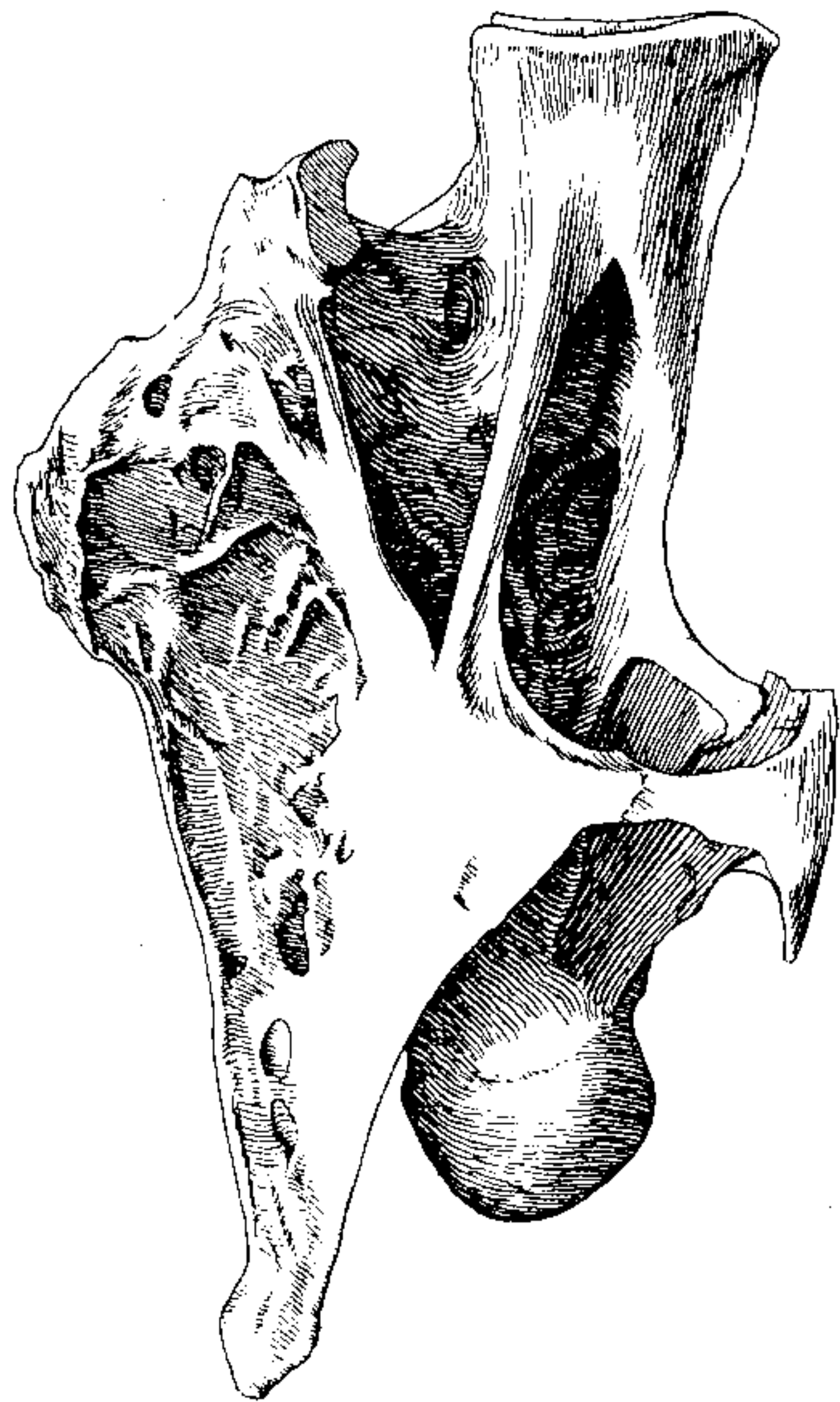


Abb. 43

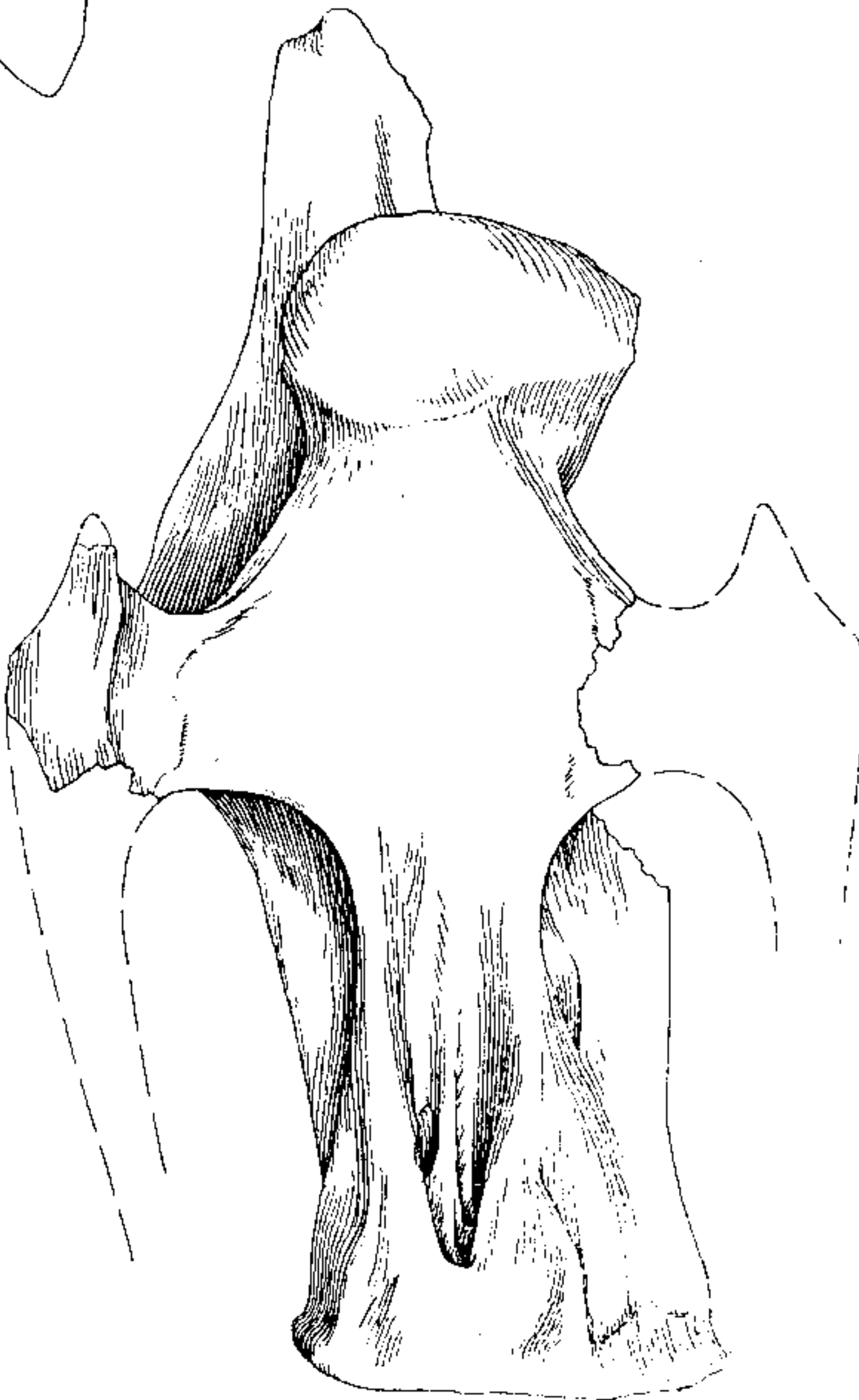


Abb. 48

8ter-9ter Halswirbel (SII), $\frac{1}{10}$ nat. Größe,

Abb. 43, 47 Seitenansichten,

Abb. 44, 48 Ventralansichten,

Abb. 45 Vorderansicht des 8ten Halswirbels.

Abb. 46 Hinteransicht des 8ten Halswirbels.

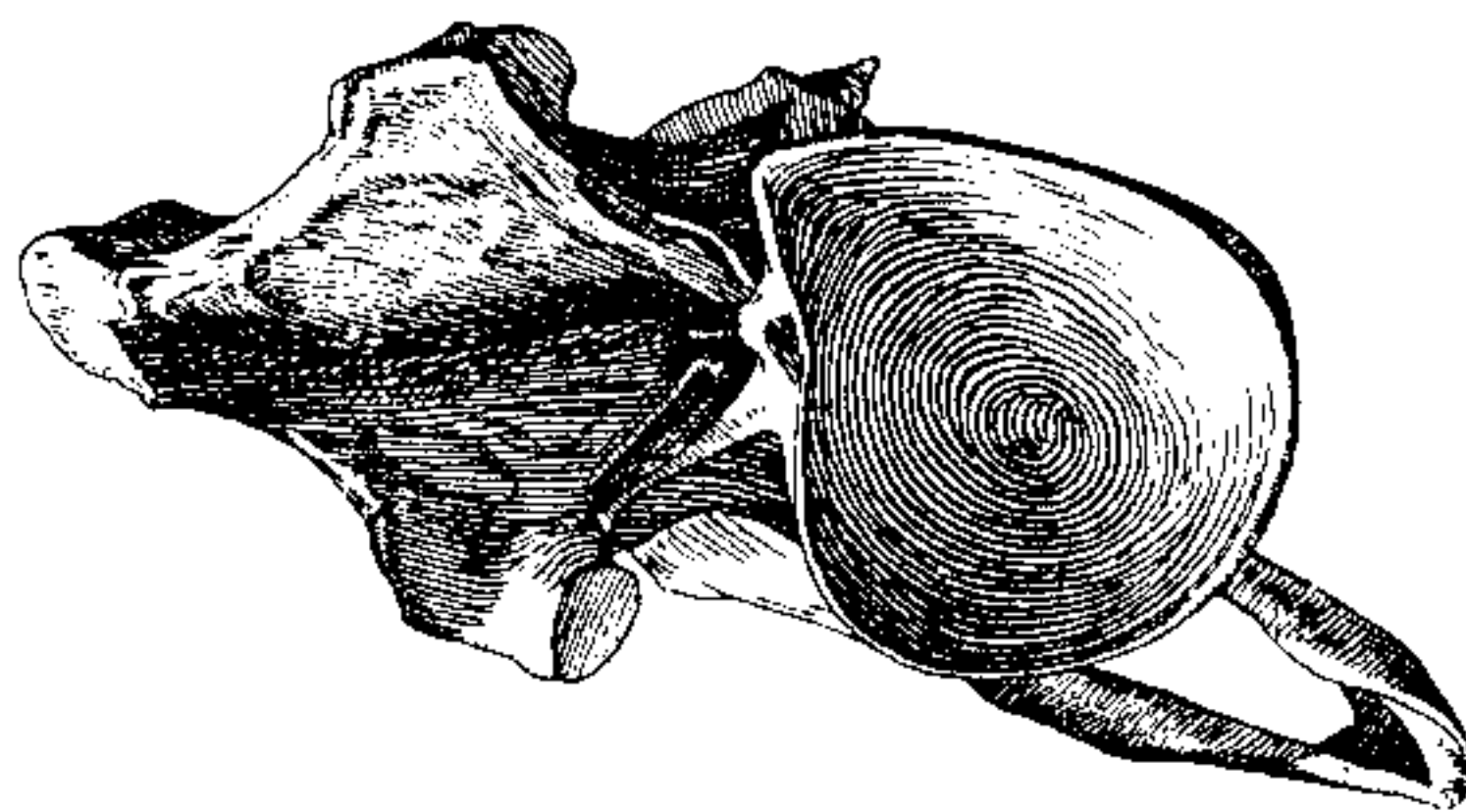


Abb. 46

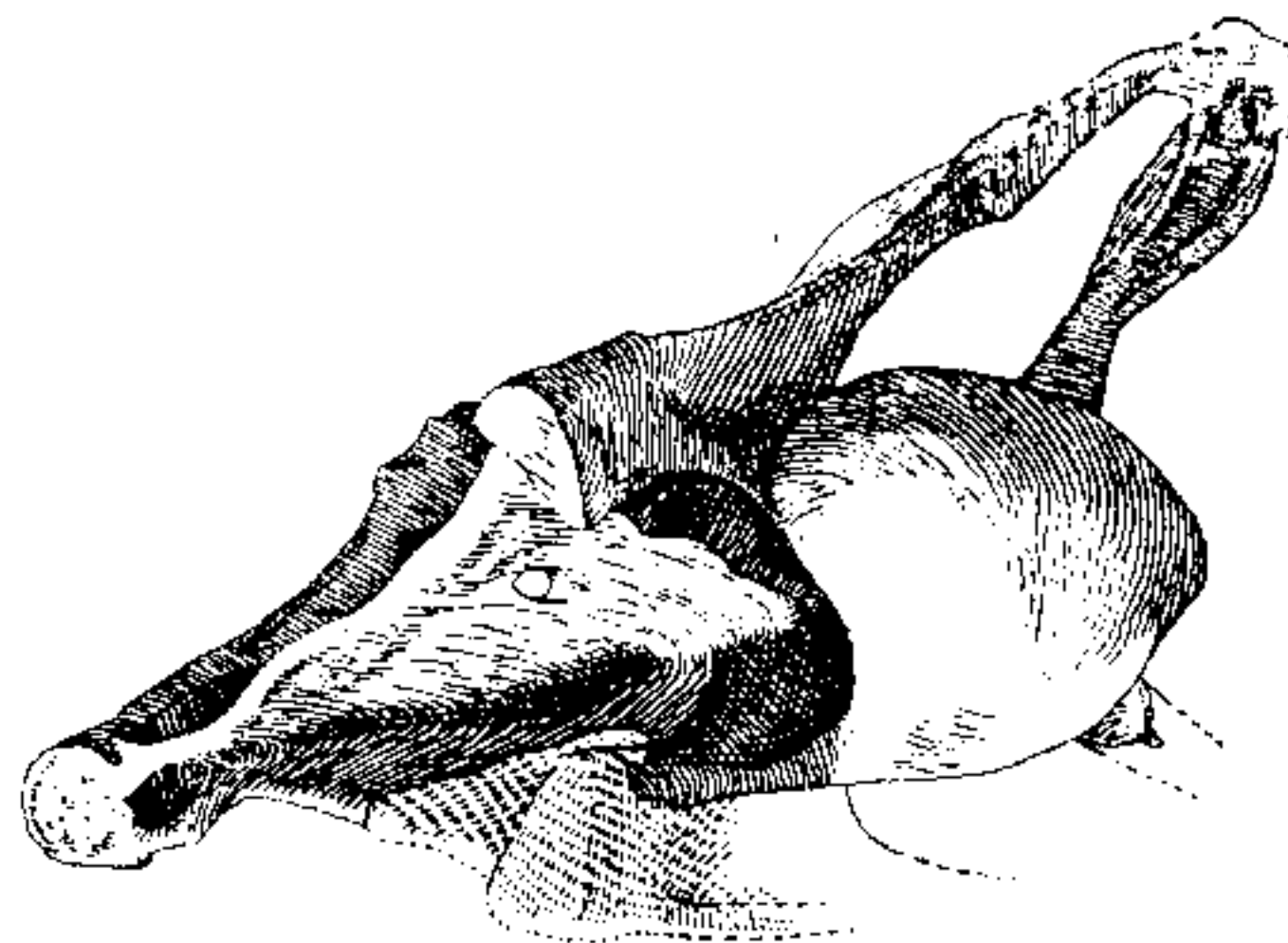


Abb. 45

Die Ventralfläche des Körpers senkt sich im vorderen breiteren Abschnitt erheblich nach beiden Seiten abwärts. Ventral findet sich zwischen den Parapophysen eine ausgesprochene, längliche Einmündung, die sich bei den mittleren Halswirbeln, z. B. dem 6ten und 7ten PrW, in einer scharf umschriebenen, engen, länglichen Höhlung noch besonders einsenkt. Mit dem Übergang zum Rumpf beim 13ten PrW und zunehmend bei den folgenden beiden ersten Rumpfwirbeln, macht die Abflachung der Ventralfläche hinter den Parapophysen einer Wölbung Platz, beim 15ten PrW ist der mittlere Abschnitt ventral im ganzen walzenförmig.

Die Veränderungen in bezug auf Länge und Breite des Körpers bei den Hals- und vordersten Rumpfwirbeln lassen sich aus den Ventralansichten und Umrißlinien der Ventralflächen sowie aus den Maßen der Tabelle ersehen. Die Länge nimmt bei SII am stärksten zu vom 39 cm (ohne Condylus) langen

Ma ß e d e r P r ä s a k r a l w i r b e l d e s S k e l e t t e s S I I i n c m .

Platz	Gesamtlänge des Wirbels ab Vorder- ende der Prä- zygapophyse	Gesamthöhe des Wirbels	Gesamtlänge des Wirbel- körpers in ½ Höhe	Länge des Wirbel- körpers ohne Condylus in ½ Höhe	Höhe des Vorderendes des Wirbel- körpers	Breite des Vorderendes des Wirbel- körpers	Höhe des Hinterendes des Wirbel- körpers	Breite des Hinterendes des Wirbel- körpers
3	43 (±)	29 +		39	9,4 ±	11,0 ±	14,2	16,3
4	73	34 +		58	12,8 (±)	15,3		20,4
5			81	72				
6			90	78		24 (—?)		29,0 —
7			93	82		27,9 —		29,4 (±)
8	113		98	86 ±	19,9 ±	21,9 +	24,4 +	24,7 (±)
9	123		98	85		32,6 (+)		35,2
10			100	87		36,0 (+)		40,6 (±)
11				87		41,0 —		43,8 (—)
12				81		43,0 (±)		47,2
13				67		46,3 ±		46,0 +)
14				46		42,6 +		43,0
15				36		41,2 (+)		
16								
17		107	36,0 (+)	28,5 +			26 ±	
18								
19								
20		77 +	33,0 (±)	29,4 (±)				
21								
22								
23		76 +						
24		79 +						

3ten zum 4ten und zwar um etwa die Hälfte, die Zunahme zum 5ten PrW beträgt knapp ein Viertel der des 4ten PrW, dann wird der Längenzuwachs erheblich kleiner bis zum 8ten PrW. Vom 8ten bis zum 11ten PrW erreicht die Länge ihren größten und dabei auffallend gleichbleibenden Betrag von 88 bis 89 cm. Beim 11ten bis 14ten PrW nimmt die Länge in zunehmenden Sprüngen bis auf 48 cm ab und nähert sich beim 15ten PrW mit 36 cm bereits sehr der durchschnittlichen Länge der typischen Rumpfwirbel von etwa 30 cm.

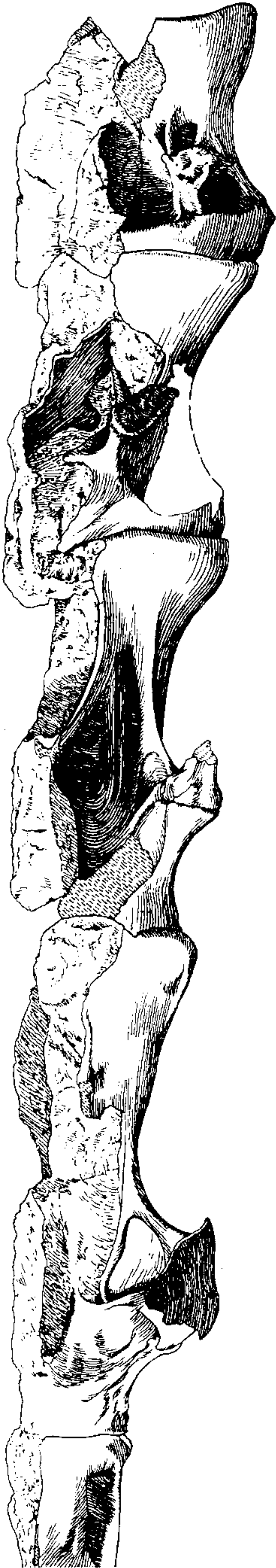


Abb. 49. 10ter—13ter Präsakralwirbel (10—13 Halswirbel) und 1ter—2ter Rumpfwirbel im Zusammenhang (SII). Linke Seitenansicht. $\frac{1}{10}$ nat. Gr.

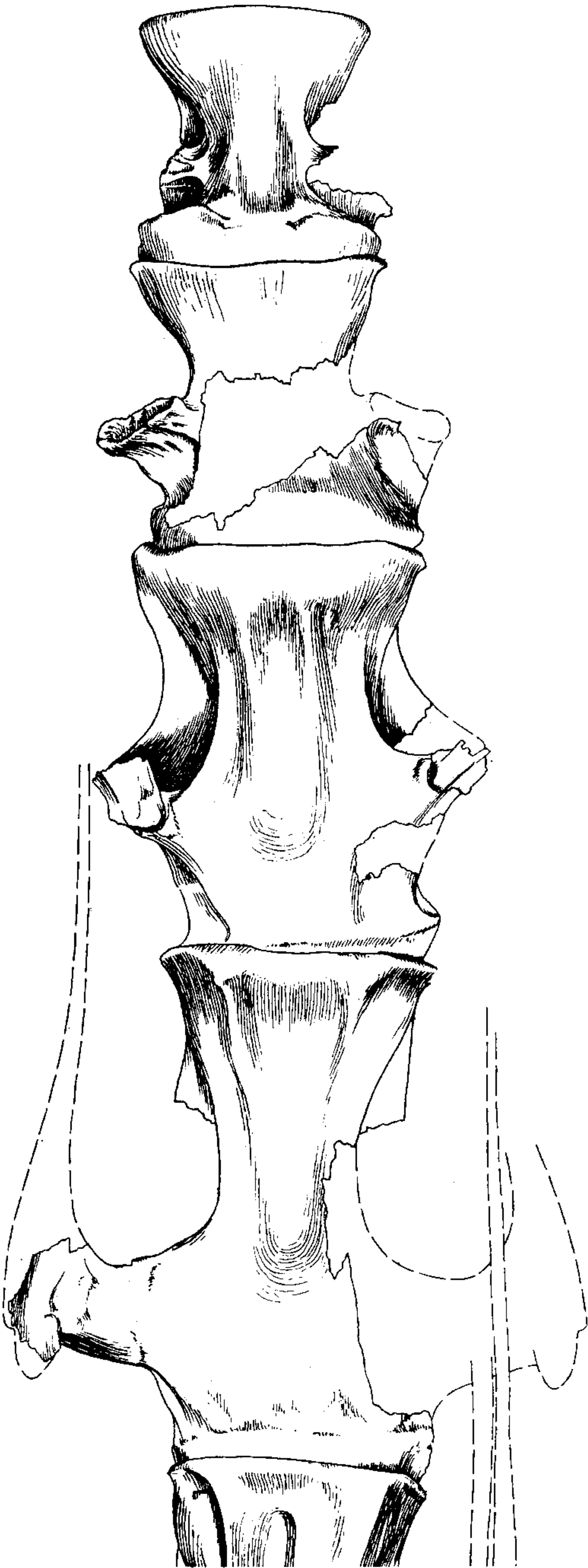


Abb. 50. Dieselben Wirbel; Ventralansicht. $\frac{1}{10}$ nat. Gr.

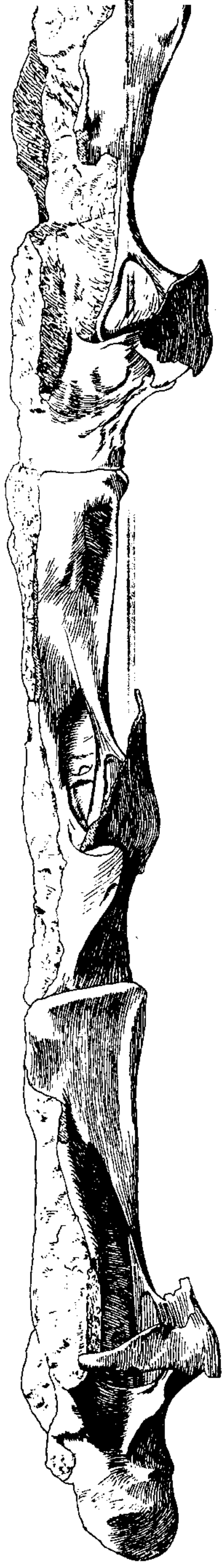


Abb. 49. 10ter—13ter Präsakralwirbel (10—13 Halswirbel) und 1ter—2ter Rumpfwirbel im Zusammenhang (SII). Linke Seitenansicht.
 $\frac{1}{10}$ nat. Gr.

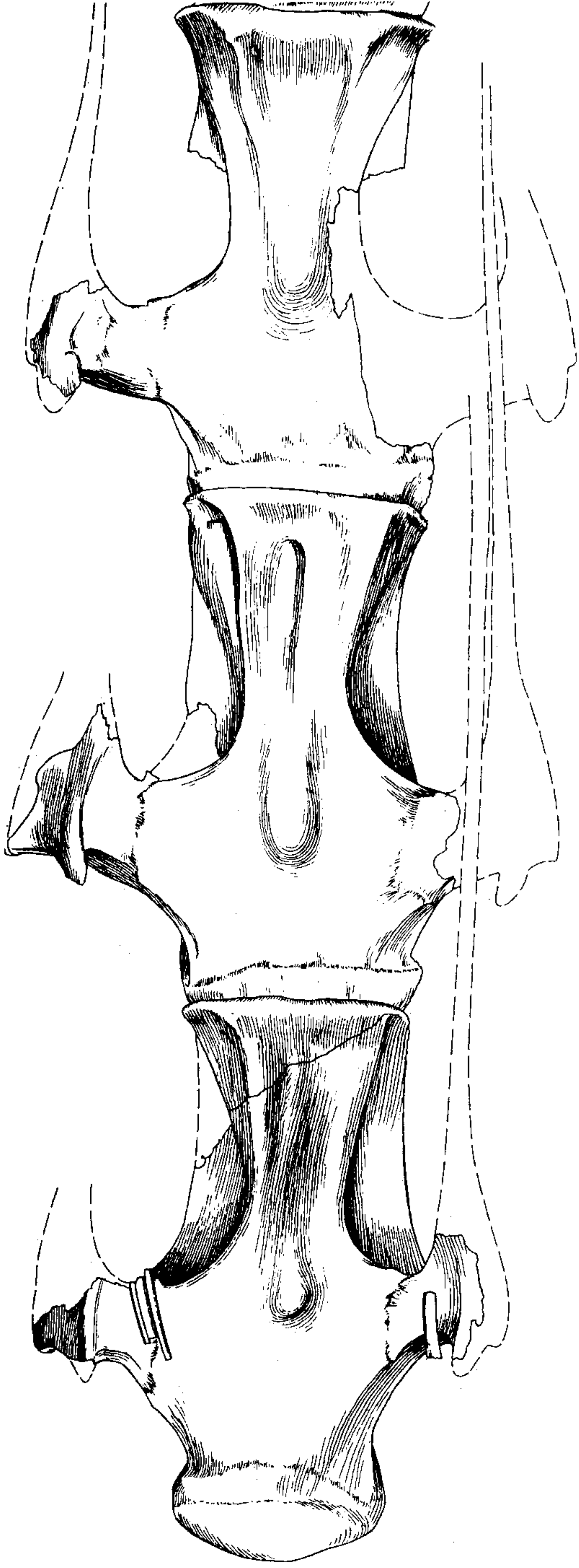


Abb. 50. Dieselben Wirbel; Ventralansicht. $\frac{1}{10}$ nat. Gr.



Abb. 51



Abb. 52

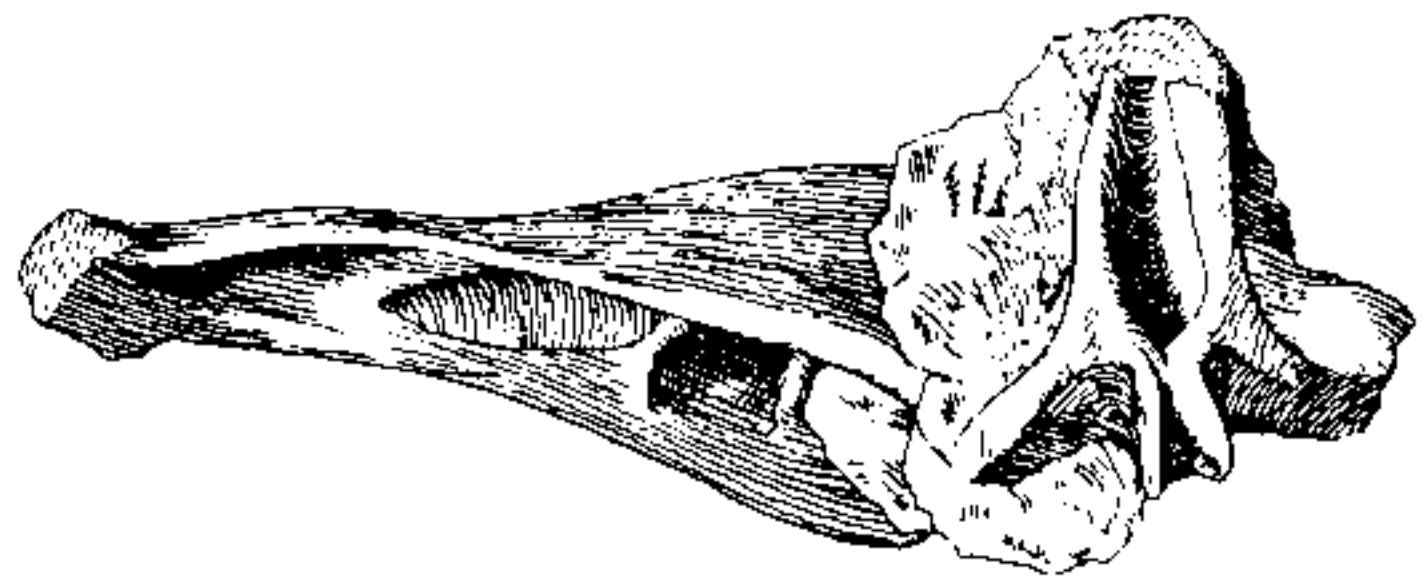


Abb. 53

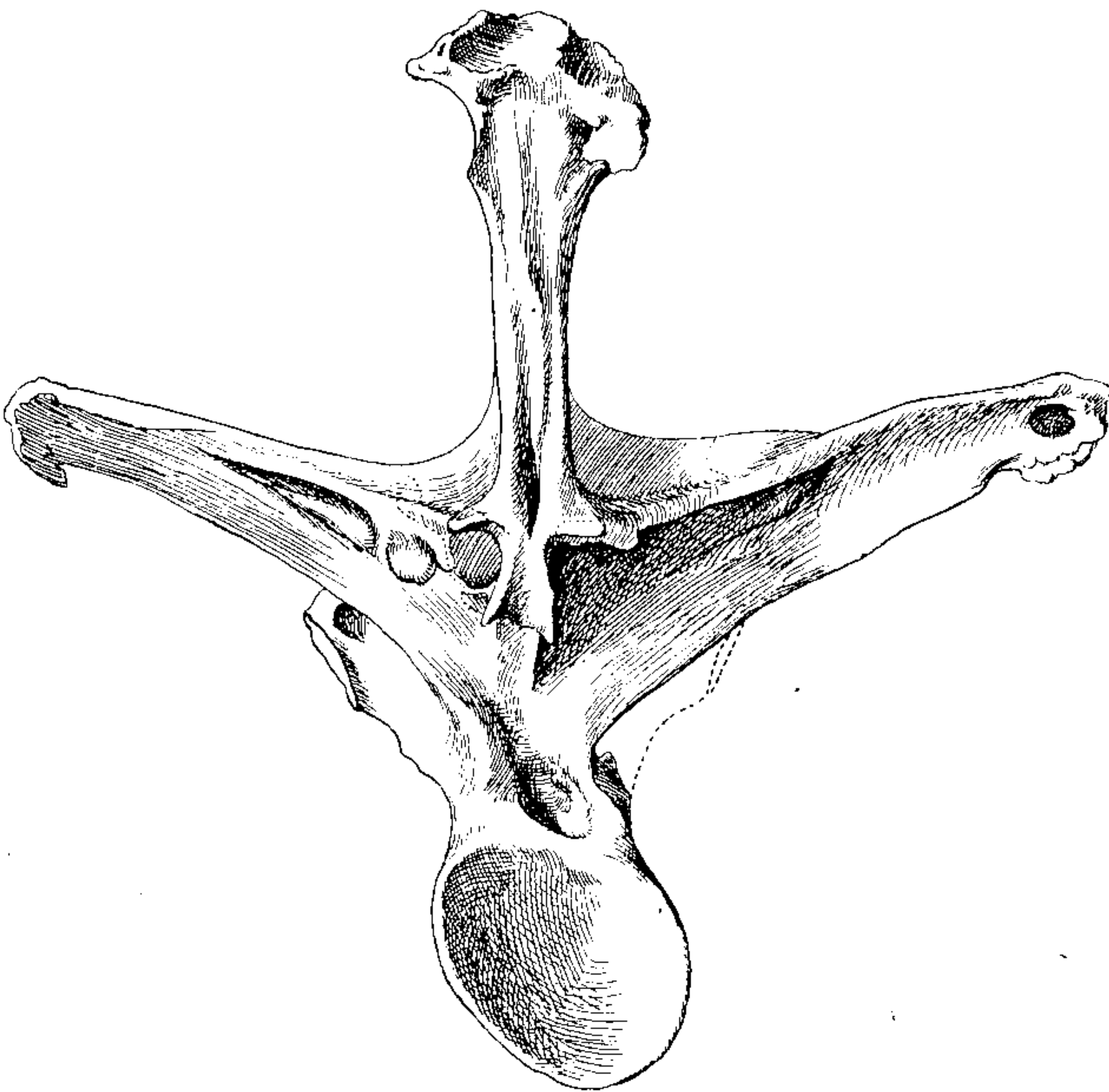


Abb. 54

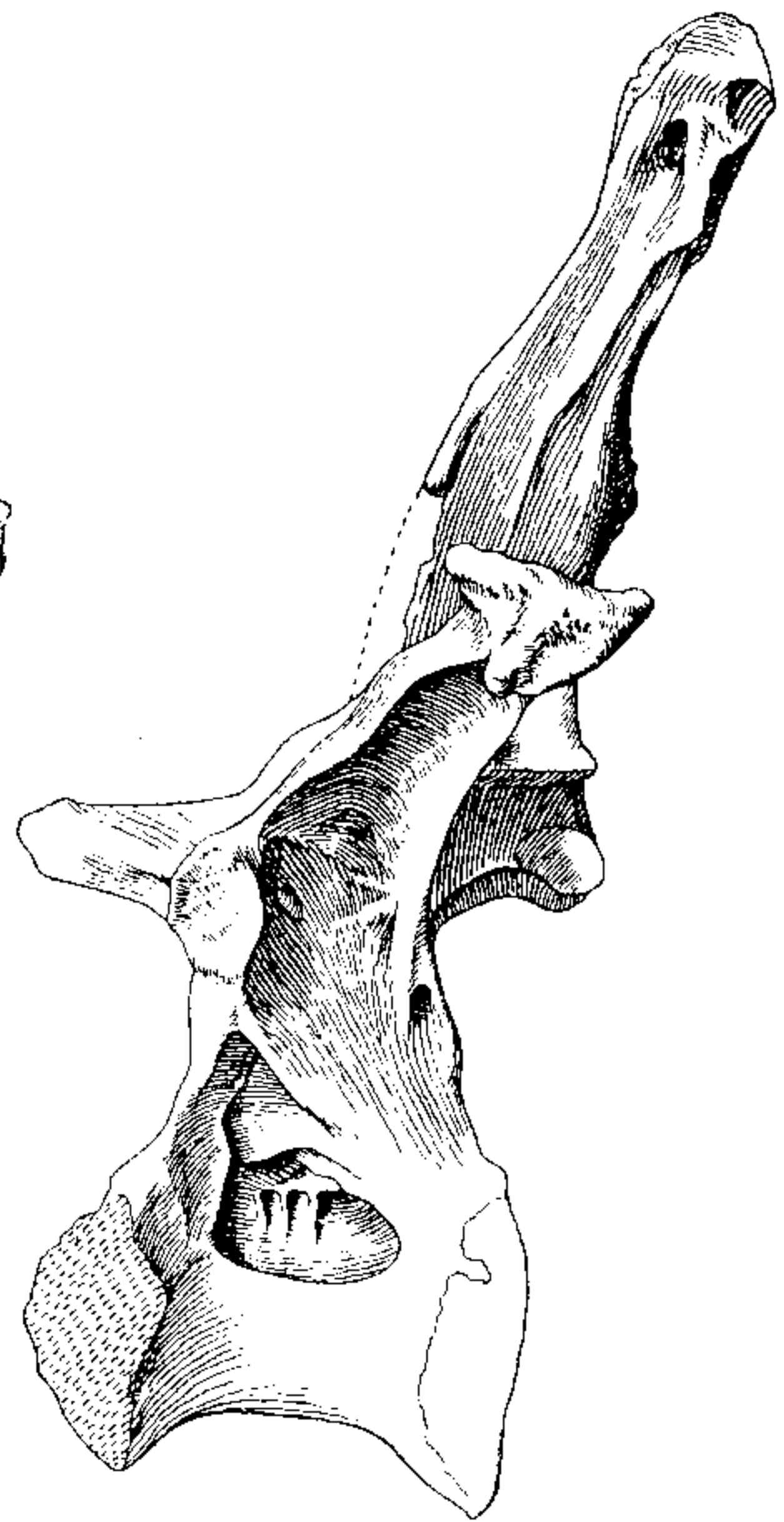


Abb. 53

Abb. 51. 16ter Präsakralwirbel (SII); rechte Seitenansicht, $\frac{1}{10}$ nat. Größe.

Abb. 52. Derselbe Wirbel, Vorderansicht, $\frac{1}{10}$ nat. Größe.

Abb. 53. 17ter Präsakralwirbel (SII); linke Seitenansicht, etwas über $\frac{1}{10}$ nat. Größe.

Abb. 54. Derselbe Wirbel, Hinteransicht, etwas über $\frac{1}{10}$ nat. Gr.

Abb. 55. Einzelne linke Diapophyse (SII); $\frac{1}{10}$ nat. Größe.

Beim Übergang zum Rumpf wird der Condylus flacher, inimmerhin bewahrt er, wie der 23te PrW zeigt, bis zum Sakrum eine kräftige Wölbung, das hintere Ende des Wirbelkörpers eine entsprechend starke Aushöhlung. Der Umriß von Condylus und Gelenkhöhle, die bei den besser erhaltenen Rumpfwirbeln von SII durchgehends durch Verdrückung erniedrigt ist, muß, wie Wirbel anderer Fundstellen (no, dd) deutlich machen, ziemlich genau kreisförmig gewesen sein.

Der Körper weist beim 15ten bis 17ten PrW ein etwas eingesenktes, von zwei gerundeten Kanten begrenztes ventrales Feld auf, dagegen bei den übrigen Rumpfwirbeln, auch den drei wesentlich nur als Körper erhaltenen SII 121–123 einen mittleren ventralen Grat, der die Wirbel des größeren hinteren Rumpfabschnittes von Brachiosaurus kennzeichnet.

Beim Übergang zum Rumpf verkürzt sich naturgemäß auch die pleurocentrale Grube, sie stellt beim 15ten PrW nur ein etwa 7 cm langes, ovales Loch hinter der Parapophyse dar. Beim 17ten PrW ist die pleurocentrale Grube beiderseits sehr verschieden geformt; rechts hat sie den Umriß eines Halbkreises von etwa 14 cm Länge und 8 cm Höhe, links ist sie dagegen vorn so hoch nach oben ausgezogen, daß ein gleichschenkelig rechtwinkliges Dreieck gebildet ist. Beim Wirbel S21, dem 20ten Präsakralwirbel, ist die eigentliche Grube, die rechts schmal oval, $11\frac{1}{2}$ cm lang und 5 cm hoch ist, ist mit ihrem oberen Rand in eine Wand eingeschnitten, die selbst wieder gegenüber der Lateralwand des Neuralbogens nach medial zurücktritt. Die pleurocentrale Grube stellt links beim 23ten PrW eine tiefe Höhlung mit halbkreisförmigem scharfen oberen Rand dar, unter der der Körper seitlich dick walzenförmig heraustritt.

Neuralbogen. Der eigentliche, den Neuralkanal einschließende, basale Teil des Neuralbogens ist bei den Halswirbeln über die Höhe des Kanales hinaus nicht besonders erhöht, dagegen in erheblichem Grade bei den Rumpfwirbeln. Bei diesen baut sich über dem Körper, weit über die Höhe des Neuralkanales hinaus der massige, kubische basale Abschnitt des Neuralbogens auf. In seine Vorderseite bis dicht unter das Niveau der horizontalen Facetten der Präzygapophysen springt von vorn eine Nische ein, die beim 16ten Wirbel nur angedeutet, beim 20ten Wirbel aber sehr deutlich und 5 cm tief ist; in ihrer Basis sitzt der Neuralkanal. Eine flache Nische ist beim 17ten Wirbel auf der Rückseite des Neuralbogens nur unklar erhalten, beim 24ten Wirbel ist eine solche, wie deutlich zu sehen ist, nicht entwickelt.

Neuralkanal. Der Neuralkanal selbst erscheint im Verhältnis zu den Dimensionen der Wirbel, abgesehen von den ersten Halswirbeln, außerordentlich eng. Beim 3ten Halswirbel von SII ist der vordere Ausgang des Kanales etwa 2,7 cm weit, beim 4ten Wirbel die merklich niedergedrückte hintere Öffnung etwa 3 cm hoch, 4 cm breit, beim 8ten Halswirbel ist die vordere Öffnung nicht ganz scharf meßbar, etwa 3 cm hoch und breit, die hintere Öffnung 3,5 cm hoch und 3,4 cm breit. Bei den Rumpfwirbeln dürfte der Neuralkanal, dessen vorderer Ausgang in keinem Falle unverdrückt ist, nicht über 5 cm hoch gewesen sein.

Präzygapophyse. Die Präzygapophysen der Halswirbel vom 3ten ab sind sehr kräftige, sich nach vorn verjüngende Vorsprünge, die erheblich über das Vorderende des Condylus hinausragen, sie bauen sich aus drei Leisten auf, nämlich der Infrapräzygapophysialleiste, der Suprapräzygapophysialleiste und der Präzygodiapophysialleiste. Der Querschnitt der Präzygapophyse ist demgemäß dreistrahlig. Die Facette ist beim 4ten Halswirbel von SII rechts $7\frac{1}{2}$ cm lang und etwa 8 cm breit. Die längere Achse der Facette verläuft von vorn oben lateral nach hinten unten medial, ihre Fläche ist nach medial stark geneigt, flach konvex, bei dem sehr viel größeren 8ten Halswirbel ist sie etwa 10 cm lang

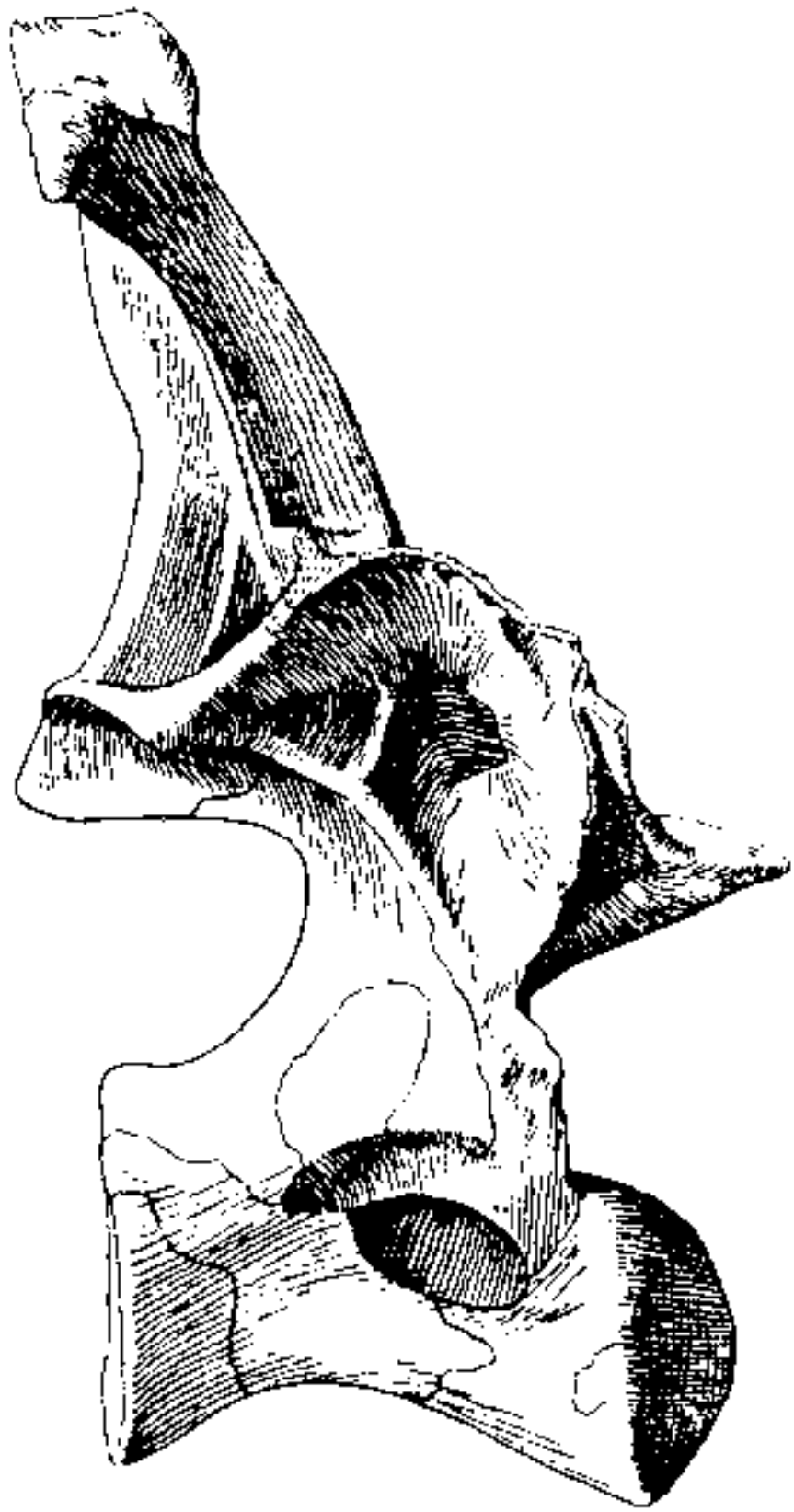


Abb. 56

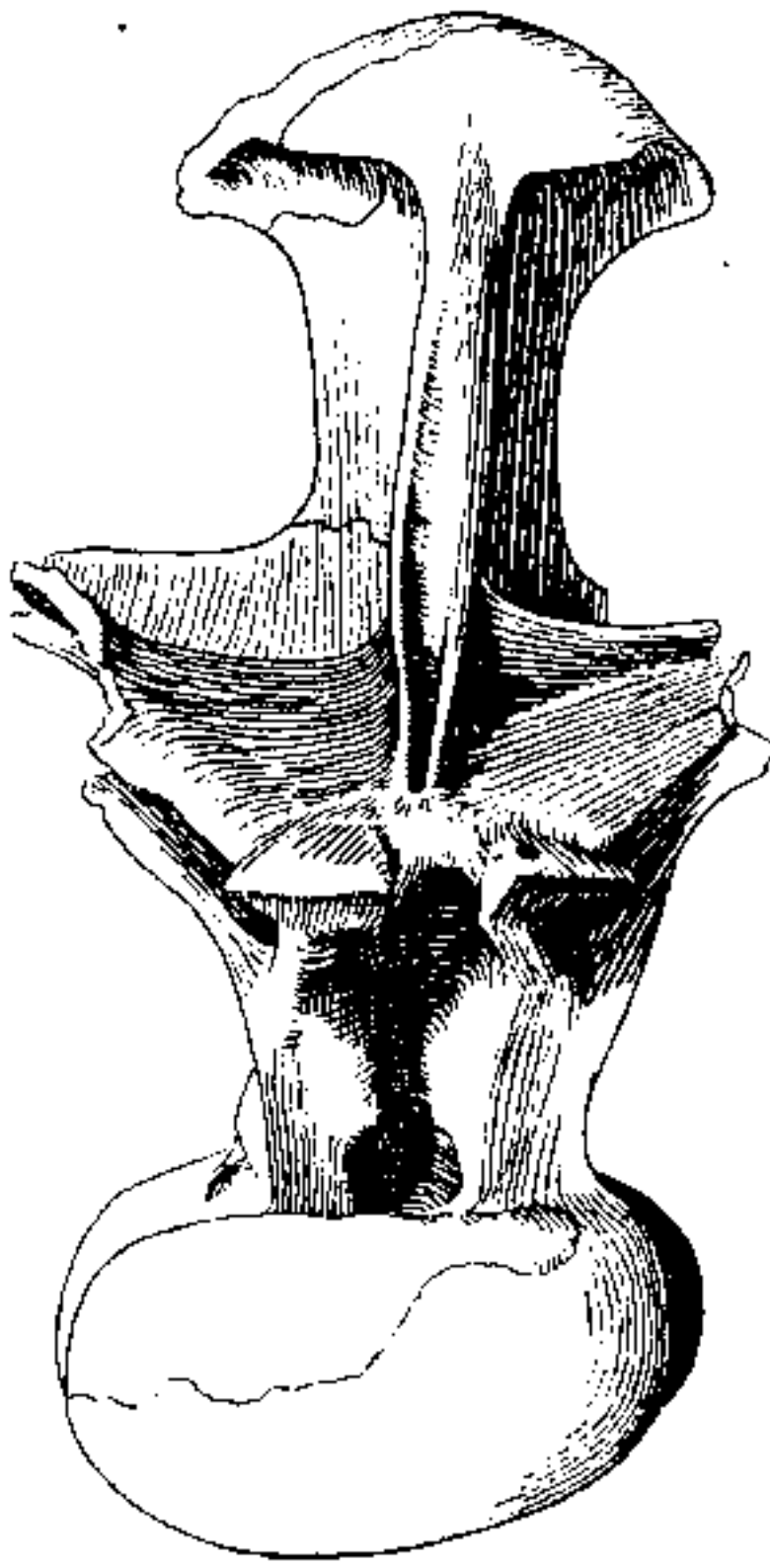


Abb. 57

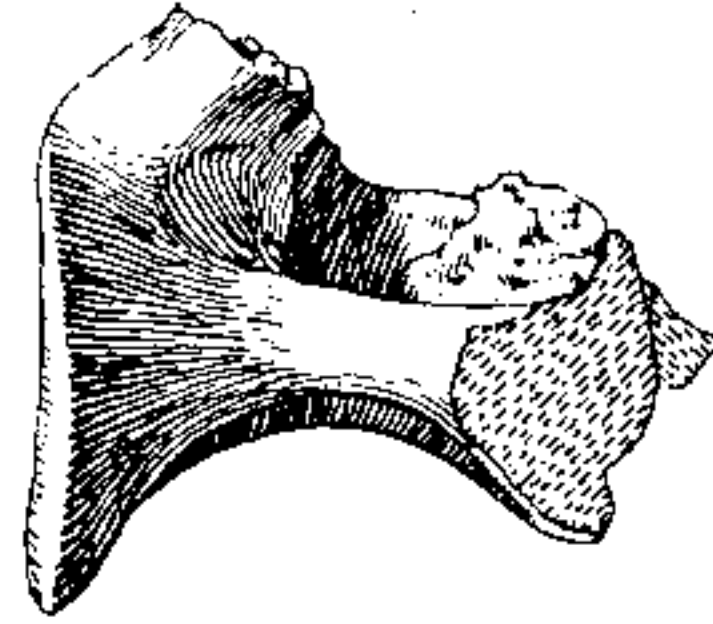


Abb. 58

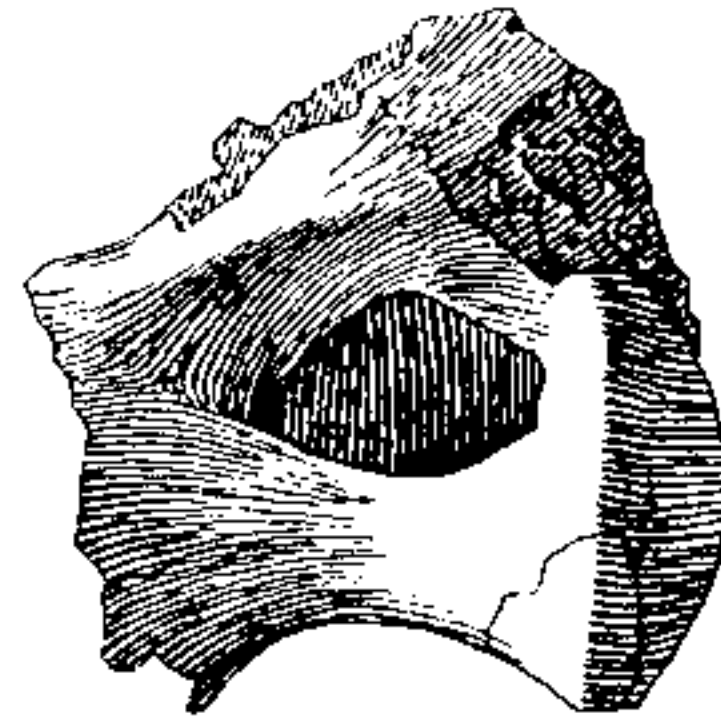


Abb. 59



Abb. 60

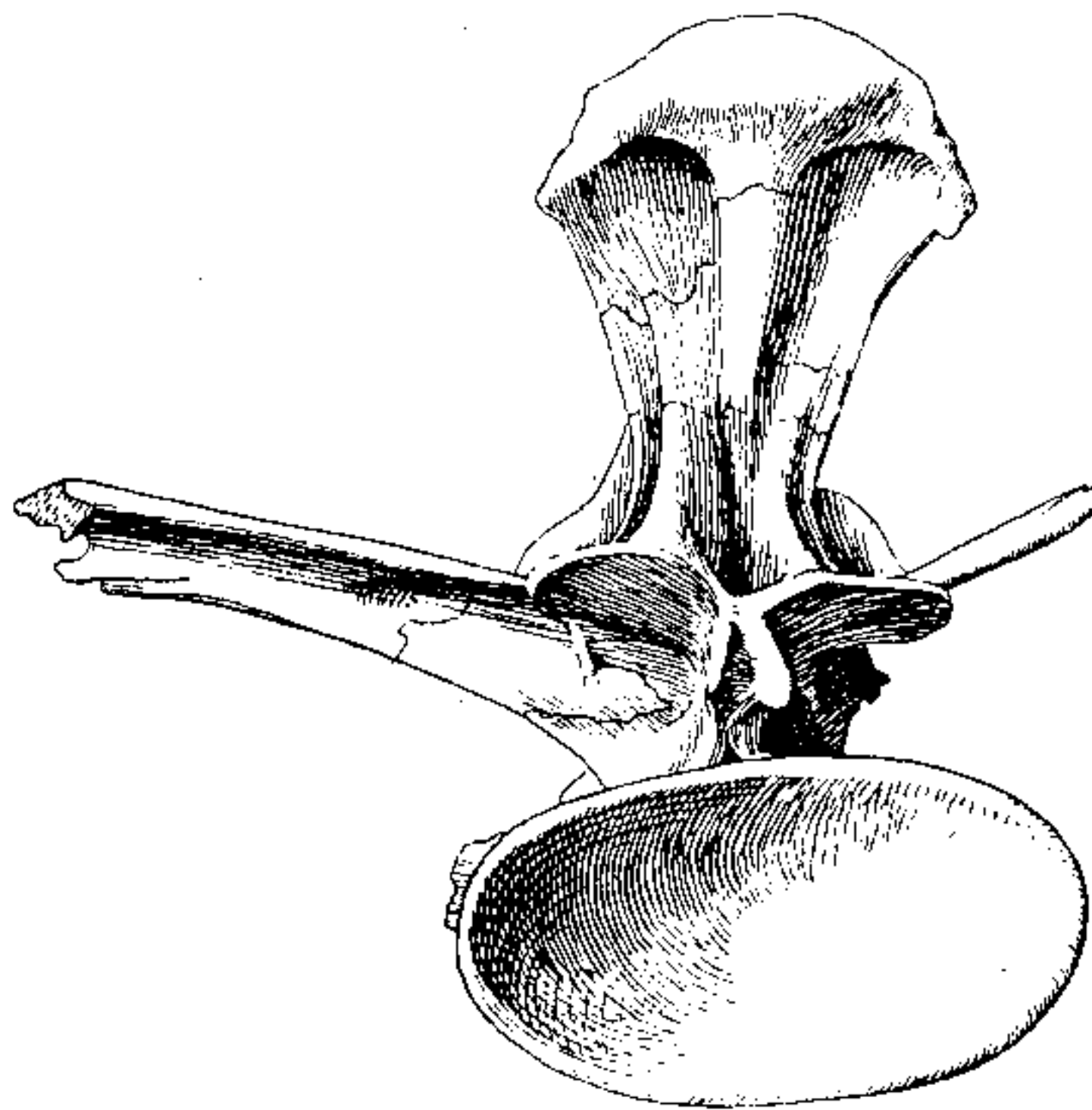


Abb. 61

- Abb. 56. 20(?)ter Präsakralwirbel (SII); rechte Seitenansicht, $\frac{1}{10}$ nat. Größe.
 Abb. 57. Derselbe Wirbel; Vorderansicht, $\frac{1}{10}$ nat. Größe.
 Abb. 58, 59. Einzelne Wirbelkörper (SII); rechte Seitenansichten, $\frac{1}{10}$ nat. Größe.
 Abb. 60. 22(?)ter Präsakralwirbel (SII); Seitenansicht, $\frac{1}{10}$ nat. Größe.
 Abb. 61. Derselbe Wirbel, Hinteransicht, $\frac{1}{10}$ nat. Größe.

und 8 ½ cm breit. Die Fläche der Facette nimmt also mit zunehmender Größe der Wirbel keineswegs in gleichem Verhältnis an Umfang zu. Beim 9ten Halswirbel von SII hat die erhaltene linke Präzygapophyse eine etwa dreiseitig geformte Facette, die etwa 13 ½ cm lang und 9 cm breit ist und im breiteren Abschnitt schwach konkav, im schmäleren Abschnitt konvex ist.

Bei den Rumpfwirbeln ist die Präzygapophyse kürzer als bei den Halswirbeln, sie sitzt auch höher als bei diesen und wächst aus der hochgezogenen dicken Seitenwand des Neuralbogens heraus.

Der weitaus größere hintere Teil der Rumpfwirbelsäule ist durch die den Sauropoden eigentümliche Ausbildung eines Hyposphens an den Postzygapophysen ausgezeichnet. Den annähernd sagittal gestellten Facetten des Hyposphens entsprechen ebenso gestellte Facetten, die sich auf den Medialflächen der Gelenkfortsätze der Präzygapophysen finden. Beim 16ten PrW beträgt der Abstand zwischen diesen etwa 8 cm, beim 20ten und 23ten PrW nur etwa 4 ½ cm.

P o s t z y g a p o p h y s e. Die Postzygapophyse der Halswirbel bestehen im wesentlichen aus mehr oder weniger sagittal gestellten Wänden, die hinten oben verstärkt sind und hier die nach lateral schauenden Gelenkfacetten tragen. Die Gelenkfacette hat ovalen Umriß, sie ist stark konkav gekrümmt und stellt einen Ausschnitt aus der Oberfläche einer Säule dar, die nach vorn stark geneigt ist. Über und vor der Facette trägt die Postzygapophyse einen stark rauhen Längswulst, den Processus dorsalis. Beim PrW 4 von SII ist die stark nach medial geneigte rechte Facette gegen 8 cm lang, 11 ½ cm breit. Aufschlußreich sind die gut erhaltenen Facetten beim PrW 8 von SII, besonders die linke; sie ist oval, 12 ½ cm lang, 7 cm breit, steil geneigt nach vorn medial; die Längsachse des Ovals verläuft schräg nach hinten medial. Der vordere Teil der Facette ist schwach konvex, der hintere, schmalere deutlich konkav und mit seinem Ende nach lateral vorgezogen. Gerade diese Vorbiegung des hinteren Facettenteils macht eine laterale Drehung des Wirbels gegen den Nachfolger unmöglich.

Bei den typischen Rumpfwirbeln wachsen die Postzygapophysen aus den Neurapophysen auf deren Hinterseite heraus. Die Gelenkfacetten haben entsprechend der Gestalt der Präzygapophysen einen horizontal (frontal) gestellten und einen von ihm abgebogenen, steil gestellten sagittalen Abschnitt; die beiden sagittalen Teile der Facetten bilden die Seitenwände eines ziemlich dünnen, nach unten sich etwas verstärkenden, keilförmigen, medianen Zygosphens. Beim 17ten Präsakralwirbel ist das Zygosphen nach unten deutlich keilförmig verbreitert, etwa 10 cm hoch. Bei den letzten Präsakralwirbeln ist der horizontale Abschnitt viel länger als der vertikale hoch ist. Der 22te Präsakralwirbel SII 29 zeigt die Postzygapophyse besonders gut erhalten. Die schwach konkave, schmal-elliptische horizontale Facette ist etwa 12 cm lang, 6 cm breit. Das Zygosphen dagegen ist nur etwa 5 cm hoch, springt aber nach hinten mit gerundeter Kontur weit vor und ist von hinten median tief eingefurcht.

D i a p o p h y s e. Die Diapophyse wächst bei den Halswirbeln aus der umfangreichen Lamelle, die die Präzygodiapophysialleiste und die hintere Centrodiapophysialleiste zusammen bilden, steil nach unten heraus. Bei den Halswirbeln von SII, bei denen das Tuberculum mit der Diapophyse knöchern verwachsen ist, macht sich die Verwachungsstelle in einer rauhen Zone kenntlich. Die Diapophyse bildet beim 3ten Halswirbel einen etwa rechteckigen dünnen Lappen, bei den nachfolgenden einen solchen von dreiseitigem, durch die Facette abgestutztem Umriß.

Die nach lateral weit vorragende Diapophyse des 17ten Präsakralwirbels, die diesem eine Gesamtbreite von 110 cm verleiht, ist ein nach lateral etwas ansteigender Balken, der etwa kreuzförmigen Querschnitt hat, indem die ziemlich schwach entwickelte Supradiapophysialleiste und die sehr großflächige hintere Centrodiapophysialleiste den senkrechten Balken des Querschnittkreuzes bilden, wäh-

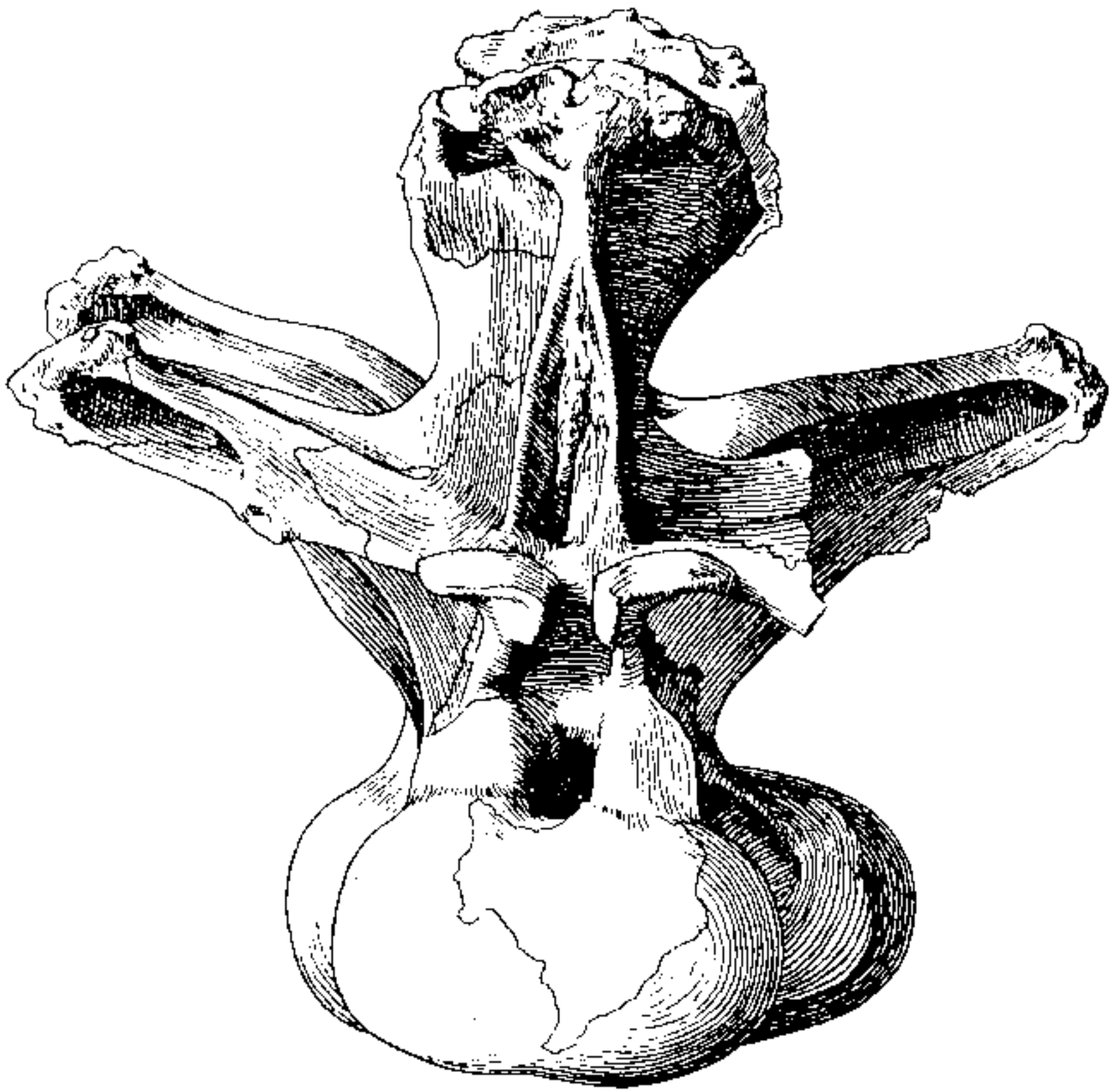


Abb. 63

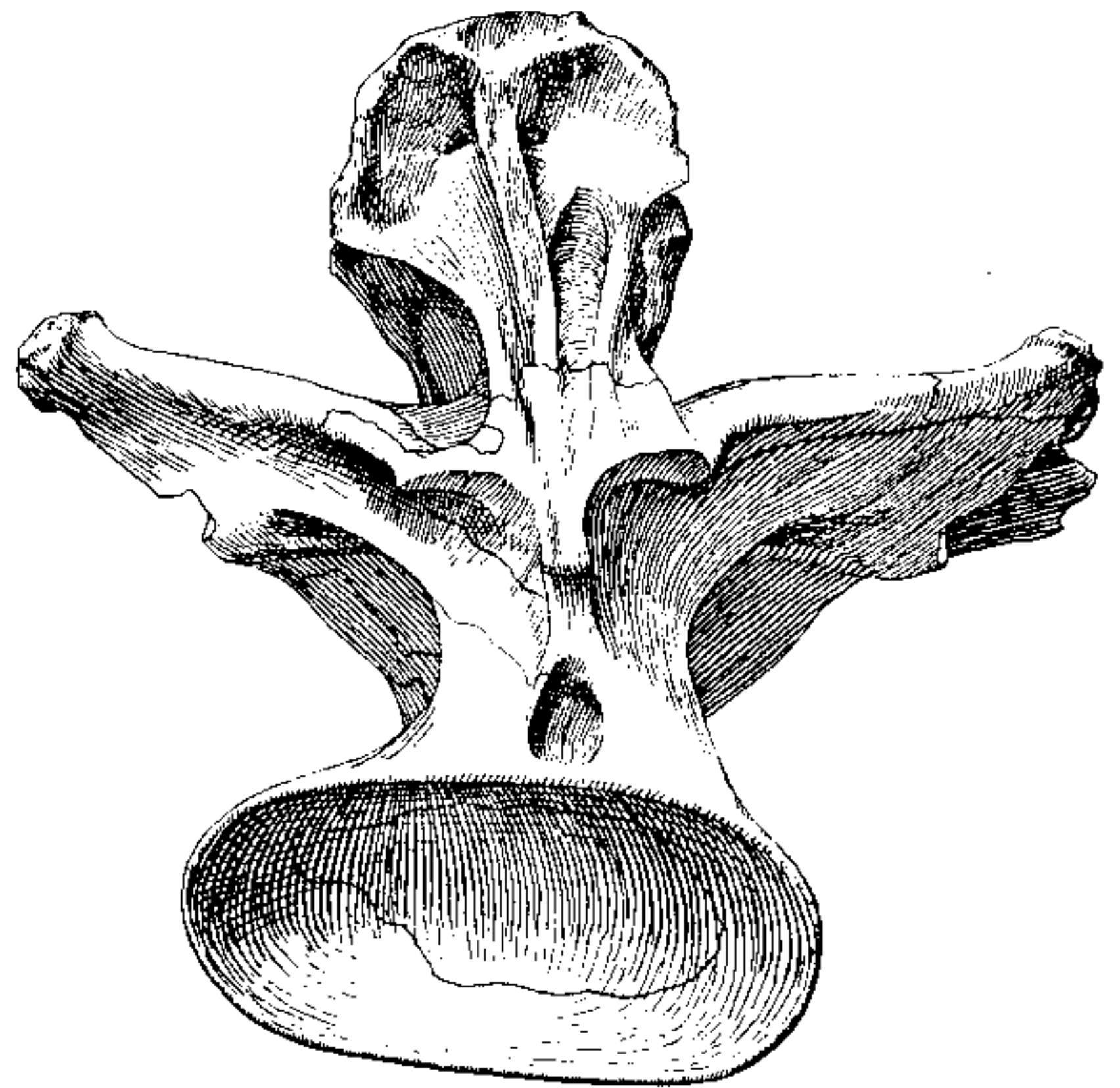


Abb. 64

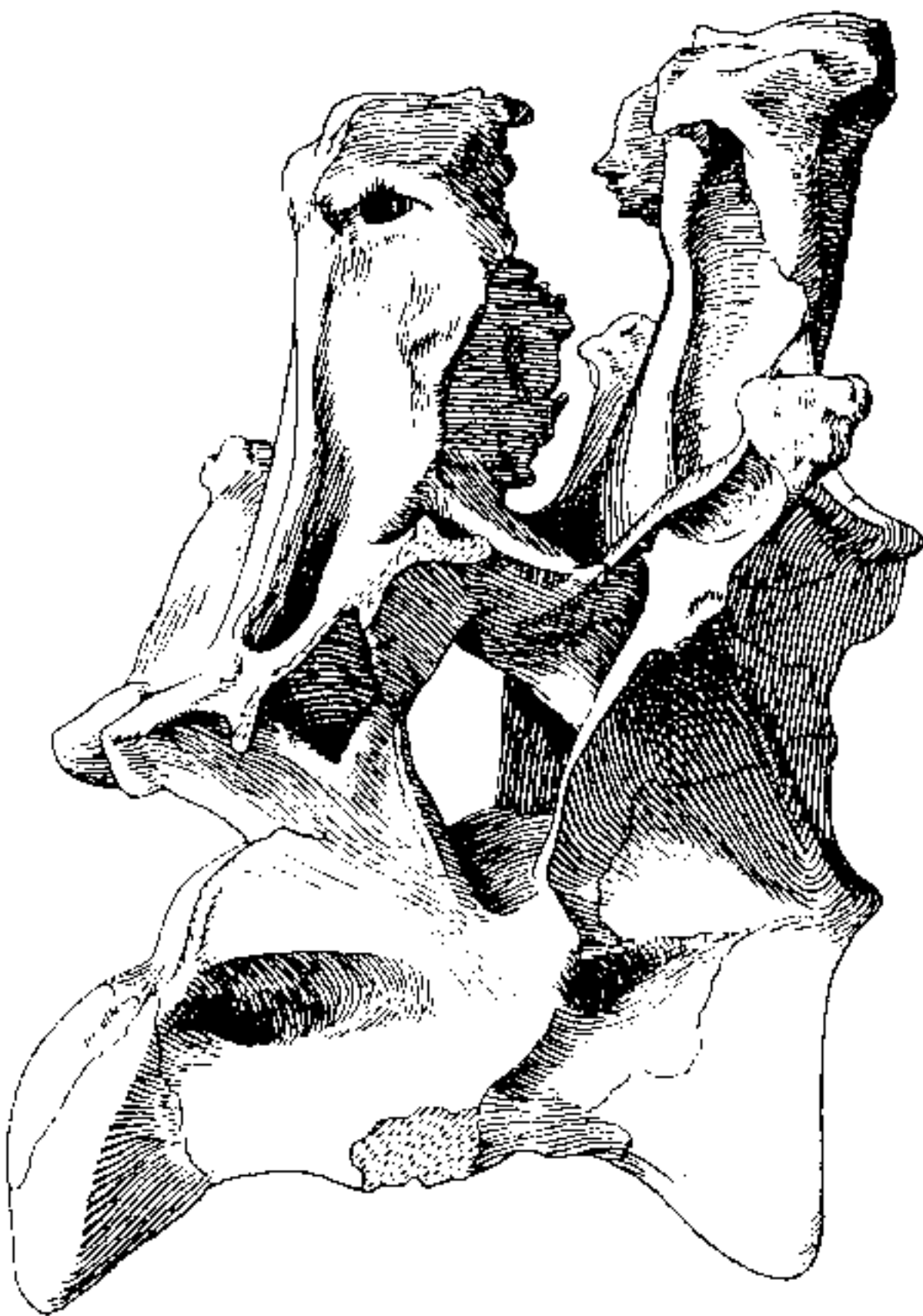


Abb. 62



Abb. 65

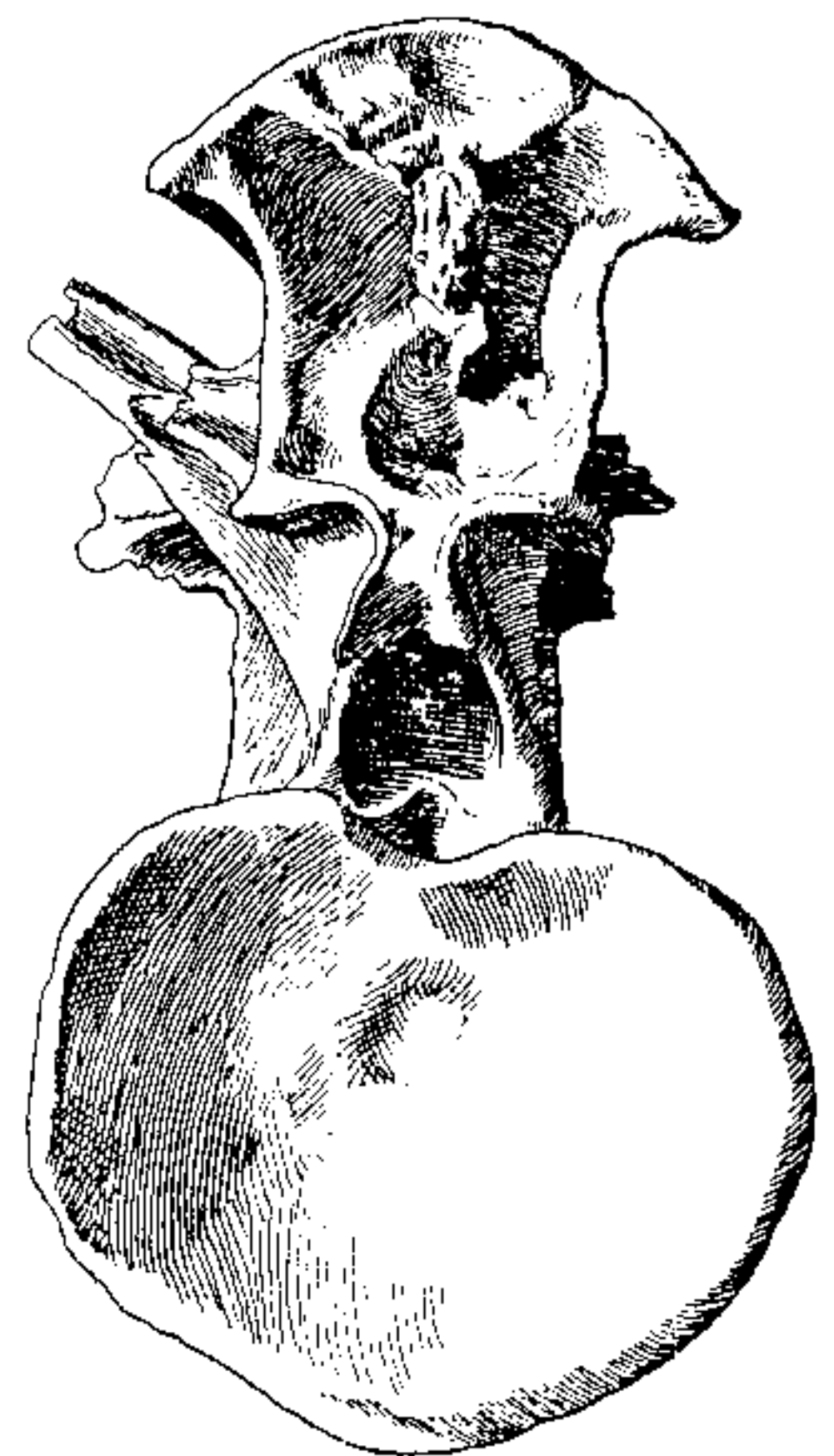


Abb. 66

- Abb. 62. 23ter und 24ter Präsakralwirbel (SII); linke Seitenansicht. $\frac{1}{10}$ nat. Gr.
 Abb. 63. 23ter Präsakralwirbel (SII); Vorderansicht. $\frac{1}{10}$ nat. Gr.
 Abb. 64. 24ter Präsakralwirbel (SII); Hinteransicht. $\frac{1}{10}$ nat. Gr.
 Abb. 65. Hinterer Präsakralwirbel (Fund no 8); Seitenansicht. $\frac{1}{10}$ nat. Gr.
 Abb. 66. Derselbe Wirbel; Hinteransicht. $\frac{1}{10}$ nat. Gr.

rend die ganz unbedeutende Präzygodiapophysialleiste und die Paradiapophysialleiste den anderen Balken liefern. Eine isolierte rechte Diapophyse (Abb. 55) weicht etwas ab durch geringe Höhe des Distalendes; bei ihrer Länge von etwa 43 cm ist mit einer Gesamtbreite des Wirbels von über einem Meter zu rechnen. Die Diapophyse muß zu einem der auf den 17ten Wirbel folgenden gehört haben. Die Diapophyse des PrW 20 (Ä), der beiderseits ein größerer distaler Abschnitt nebst Parapophyse fehlt, weicht von der des PrW 17 in seinem medialen Abschnitt durch bedeutendere Breite der horizontalen Lamelle ab. Zwei Leisten tragen die Diapophyse von unten, die senkrechte Centrodiaophysialleiste, die spitzwinklig die vordere Centropostzygapophysialleiste kreuzt und die Centroparapophysialleiste. Auch die Diapophyse des 23ten PrW ist eine medial breite Lamelle, beim PrW 24 ist sie dagegen viel schmaler.

Parapophyse. Die Parapophyse der Halswirbel wächst ohne Absatz aus der Ventralwand der Wirbelkörper lateral lappenförmig heraus. Bei PrW 3–12 ist die zugehörige Rippe knöchern angewachsen, die Nahtlinie als ein rauher Streifen gekennzeichnet. Die Parapophyse bildet aber beim PrW 14, dem ersten Rumpfwirbel, einen mächtigen Zapfen, der eine höckerige Facette trägt; beim 15ten Wirbel springt sie nur wenig an der Seitenwand des Körpers heraus, bei PrW 17 sitzt sie mit ihrem Oberende etwa in gleicher Höhe mit dem Oberrand der Präzygapophyse. Beim 24ten PrW befindet sich die kleine Parapophysenfacette etwa 14 cm vor dem Lateralende der Diapophyse.

Neurapophyse. Die Neurapophyse der Halswirbel ist, soweit vergleichbar, bei SI und SII durchaus übereinstimmend gestaltet. Beim 3ten Halswirbel (SI) besteht die Neurapophyse in der Hauptsache aus einem hinten dicken, nach vorn sich verdünnenden, rechteckigen, rauhen Knopf. Bei den folgenden Wirbeln wird der Endknopf mehr plattig, z. T. unregelmäßig verdickt und schief umgrenzt, so beim 8ten PrW von SII. Er ist bei diesem Wirbel etwa 20 cm lang und 8 cm breit. Der Endknopf weist eine feine, faserige Längsstruktur auf, die an den Seiten sehr deutlich ist, sich aber auch nach hinten ausdehnt. Dadurch wird angezeigt, daß das dorsale elastische Band mit recht großer Fläche angeheftet und gewiß sehr kräftig ausgebildet war. Die einerseits von den Supraprä-, andererseits von den Suprapostzygapophysialleisten seitlich eingeschlossenen Nischen nähern sich einander in der Medianebene bis auf einen kurzen Abstand, der bei dem großen Wirbel PS 8 (SII) nur 10 cm beträgt; zwischen ihnen steht eine ganz dünne mediane Wand, auf der der terminale Knopf sitzt.

Die Neurapophysen fehlen vom 9ten bis einschließlich 16ten Präsakralwirbel, mehr oder weniger vollständig erhalten ist sie bei dem 17ten Wirbel, beim 23ten und 24ten sowie bei den Wirbeln, die als 20ter und 22ter PrS angesehen werden. Die Neurapophyse des 17ten Wirbels stellt einen ziemlich hohen Stab dar, der etwa 7 cm dick ist und von nur schwach ausgebildeten seitlichen Leisten gestützt wird. Ihr Oberende verbreitert sich schnell auf etwa 24 cm zu dem gerundet profilierten Terminalabschnitt.

Beim 23ten und 24ten Präsakralwirbel ist die Neurapophyse viel breiter als beim 17ten Wirbel, zugleich aber viel niedriger; sie hat ausgesprochen den Querschnitt eines Kreuzes, den die vordere, hintere und die beiden seitlichen Längsleisten bedingen. Die Präspinalleiste ragt bei beiden Wirbeln durchschnittlich etwa 6 cm vor, an ihrem Vorderrand legt sich seitlich die am 23ten Wirbel recht kräftige, beim 24ten Wirbel dünnere Suprapräzygapophysialleiste schräg nach außen gestellt an und verbreitert dadurch gleichsam die Präspinalleiste sehr stark; diese markiert zwischen den Suprapräzygapophysialleisten ihren eigentlichen Bereich in der Vorderansicht durch eine schmale, rauhe mediane Zone. Auffallend ist bei 24ten Wirbel ein dicker, außerordentlich rauhiger, bogenförmig vorspringender Aus-

wuchs der Präspinalleiste an ihrem oberen Abschnitt. Die Postspinalleiste ragt beim 23ten Wirbel als eine dicke Wand an den unteren drei Vierteln der Höhe der Neurapophyse bogenförmig vor. Die ganze Kontur entspricht der der Präspinalleiste des 24ten Wirbels, so daß sie genau aufeinander passen. Vermutlich haben beide Wirbel sich mit dem dicken, stark rauhen Rändern der Leisten fast berührt und waren durch Ligament verbunden. Der jetzt vorhandene Abstand ist offenbar durch eine bei der Verdrückung ausgelöste Verschiebung bedingt. Der breite Endabschnitt der Neurapophyse der beiden letzten Wirbel hat halbkreisförmige Kontur, er trägt eine Knochenlamelle in Form eines halbkreisförmigen Reifens, der bei beiden Wirbeln etwa $11\frac{1}{2}$ cm breit ist.

Die Neurapophyse des Wirbels S29, des vermutlich 22ten Präsakralwirbels, schließt sich durch breiten Umriß denen der beiden letzten Wirbel nahe an. Die Neurapophyse des Wirbels S21 (? 20ter Präsakralwirbel), die vielleicht etwas zu niedrig aufmontiert worden ist, steht nach ihrer Gestalt zwischen dem 17ten und den letzten Präsakralwirbeln.

Der am stärksten fühlbare Mangel in der Erhaltung und damit auch in der Beschreibung der präsakralen Wirbelsäule ist das Fehlen der Neurapophysen der Wirbel vom 9ten bis 16ten. Es ist zu fragen, ob an diesen fehlenden Wirbeln die Neurapophysen ebenso ungeteilt waren, wie die der vorhergehenden Hals- und der nachfolgenden Rumpfwirbel, oder ob sie zum Teil oder sämtlich gegabelt waren, wie bei *Diplodocus*, *Dicraeosaurus*, *Camarasaurus* und *Apatosaurus*. Bei allen diesen Gattungen zeigt sich die Bifidie schon vor dem 9ten und auch noch nach dem 16ten PW. Da sich bei *Br. brancai* weder am 8ten noch am 17ten Anzeichen von Bifidie oder auch nur die Andeutung von Metapophysen finden, kann angenommen werden, daß bei ihm die Neurapophysen durchgehends ungespalten waren.

Hinterer Rumpfwirbel A R 1 aus dem mittleren Sauriermergel (Taf. I, Fig. 9–11). Der Wirbel weist wenig Verdrückungen auf, es fehlen die Diapophysen und zum großen Teil die Neurapophyse. Der anscheinend unverdrückte Wirbelkörper ist bemerkenswert kurz, die pleurocentrale Grube sitzt hoch, was bei den Wirbeln von SII in vergleichbarem Grade nur der 24te Präsakralwirbel zeigt. Die vordere Endfläche ist mäßig, in ihrer mittleren Partie stärker herausgewölbt. Die hintere Endfläche ist bedeutend breiter als hoch, wenig eingesenkt. Die Postzygapophysen besitzen sehr umfangreiche Facetten. Der horizontale Abschnitt der linken reicht nach lateral $11\frac{1}{2}$ cm hinaus. Das Zygosphen, eine 24–37 mm starke, fast parallelläufige Wand, hat die auffallend große Höhe von fast 13 cm. Der Neurapophyse fehlen die ihr ansitzenden Leisten größtenteils; ihre geringe Höhe über den horizontalen Facetten der Postzygapophysen spricht ebenso wie die Form des Wirbelkörpers für einen Platz des Wirbels am Ende der Reihe.

Hinterer Rumpfwirbel no 1 aus dem oberen Sauriermergel (Abb. 65, 66). Es fehlen die lateralen Abschnitte der beiden Diapophysen. Der Wirbelkörper ist durch Druck etwa in der Richtung der Längsachse verkürzt, die vordere und besonders die hintere Endfläche sind dabei über die ursprüngliche Ausdehnung hinaus breitgedrückt. Die vordere Endfläche ist ziemlich stark konvex, sie ist, ebenso wie die hintere, erheblich breiter als hoch. Der mittlere Abschnitt des Körpers ist anscheinend infolge Druckwirkung ventral zu stark eingezogen. Die pleurocentrale Grube sitzt etwa im oberen Drittel der Seitenwand des Körpers, ist niedrig, rechts wesentlich kürzer als links. Die Neurapophyse ist breit und niedrig, allerdings wohl durch Verdrückung ein wenig erniedrigt.

Der Wirbel no 1 zeigt erhebliche Übereinstimmung mit PrW 23 von SII und dürfte ebenfalls der 23te oder vielleicht auch einer der unmittelbar vorhergehenden sein.

Oberflächenskulptur.

In der vorhergehenden Beschreibung der Hauptarchitekturelemente der präsakralen Wirbel wurde die Gestaltung des Neuralbogens, die Form der Apophysen sowie Verlauf und Stellung der Leisten, die diese bilden, in ihren Hauptzügen dargestellt. Die Halswirbel sind aber darüber hinaus durch die in extremem Ausmaß entwickelte Oberflächenskulptur in hohem Grade gekennzeichnet. In den Flächen der Leisten finden sich weitgehend Aussparungen, Einsenkungen, die die an sich schon schwachen Lamellen weiter verdünnen. Der Umriß dieser „Außenkavernen“ ist meist mehr oder weniger gerundet, kreisförmig, elliptisch, eiförmig, aber auch drei- und mehrseitig mit ausgerundeten Ecken. Auf den eingesenkten Bodenflächen der Außenkavernen treten, namentlich wenn diese größere Ausdehnung haben, Leisten zweiter Ordnung auf, die in der Richtung von Druckbeanspruchungen verlaufen. Solche Leisten kommen übrigens auch in den pleurocentralen Gruben auf den diese medial abschließenden Flächen vor. Außenkavernen zeigen sich auf den Seitenflächen des Neuralbogens, auf der Dorsalseite der Parapophysen, hier meist zu mehreren, sehr stark entwickelt auf der Suprapräzygapophysialleiste, auf der hinteren Centrodiaophysialleiste, auf der Postzygodiaophysialleiste, auf den Lateralleisten der Neurapophyse und anschließend weiter ventral. Es sind eben fast alle nach lateral und dorsal gewandten Flächen des Neuralbogens und der Apophysen besetzt mit solchen Außenkavernen, lediglich die Diapophyse ist ziemlich frei von ihnen.

Deutlich ist zu erkennen, daß die Kompliziertheit dieser Außenskulptur in der Reihe der Halswirbel mit zunehmender Größe sich steigert. Bei dem 8ten Halswirbel (Abb. 1, 43) sind die Oberflächen der einzelnen Architekturteile förmlich zerfressen von den zahlreich eingeschnittenen Außenkavernen. Das Bild wird durch das Auftreten der Leisten zweiter Ordnung in gesteigertem Maße mannigfaltig und unruhig. Mit Sicherheit ist anzunehmen, aber an dem vorhandenen Material nicht nachzuweisen, daß sich von der Jugend an mit zunehmender Größe die Außenskulptur kompliziert.

Das Tragen und Bewegen des Halses von einer Länge und einem Gewicht wie bei *Brachiosaurus* bedingt derart bedeutende Beanspruchungen, daß er durch kavernösen Bau, und, wie ich glaube annehmen zu müssen, durch Entwicklung eines Systems von luftgefüllten Räumen weitgehend erleichtert werden mußte. Da diese Beanspruchungen an den Rumpfwirbeln nicht in gleicher Weise und ähnlichem Maße auftreten, wurde ihre Außenskulptur nicht derart stark modifiziert, wie es bei den Halswirbeln geschah. Bemerkenswert ist aber bei jenen der kavernöse Bau des Dorsalendes der Neurapophysen, des Endknopfes der Diapophysen, sowie vereinzelt (17ter PrW) der Parapophyse. An diesen Stellen finden sich unter dem Terminalende bzw. unter den Gelenkfacetten einspringende Kavernen. Auch die Vorderwand der Vorderen Centrodiaophysialleiste kann Einsenkungen aufweisen, die ihrem Charakter nach Außenkavernen nahe kommen.

Struktur des Wirbelkörpers.

Die überaus weitgehende Aushöhlung des Wirbelkörpers durch die tief einspringenden Pleurocöle veranschaulicht ein Querbruch durch die Mitte eines Rumpfwirbelkörpers von der Grabungsstelle dd (Abb. 67). Entsprechend der besonderen Erhaltungsart bei dieser Grabungsstelle sind die Formen etwas verzerrt oder verdrückt, doch ist dadurch die Unsymmetrie wohl nicht hervorgerufen, wenn auch vielleicht etwas gesteigert. Der Querbruch zeigt, wie überaus dünn die zum Teil ergänzte Medianwand zwischen den Pleurocölen ist, sie ist stellenweise nur einige Millimeter stark. Die Pleurocöle sind außerordentlich weit geöffnet, die Hohlräume greifen auch noch besonders in die ventrale Wand des Körpers

ein. Ein sehr ähnliches Bild zeigt der von MARSH (1896 S. 181, Fig. 33) gegebene Querschnitt eines Rumpfwirbelkörpers von *Camarasaurus* (= *Morosaurus*) *grandis* sowie der Querschnitt durch einen kleinen hinteren Wirbelkörper (MARSH 1896, Taf. 32, Fig. 2a) von *Camarasaurus lentus*. Ebenso tief einspringende Pleurocöle und eine dünne Medianwand besitzen auch die beiden Rumpfwirbelkörper, der eine davon ein jugendlicher, die J.W. HULKE (1879) mit der Gattungsbezeichnung *Ornithopsis* aus dem englischen Wealden beschreibt und abbildet, ferner ein Rumpfwirbel von *Bothryospondylus madagascariensis* THEVENIN (1907, Fig. 5). Alle diese erwähnten Querschnitte lassen in bezug auf den Grad der Aushöhlung der Wirbelkörper durch die Pleurocöle etwa die gleiche Höhe der Spezialisierung erkennen wie *Brachiosaurus*.

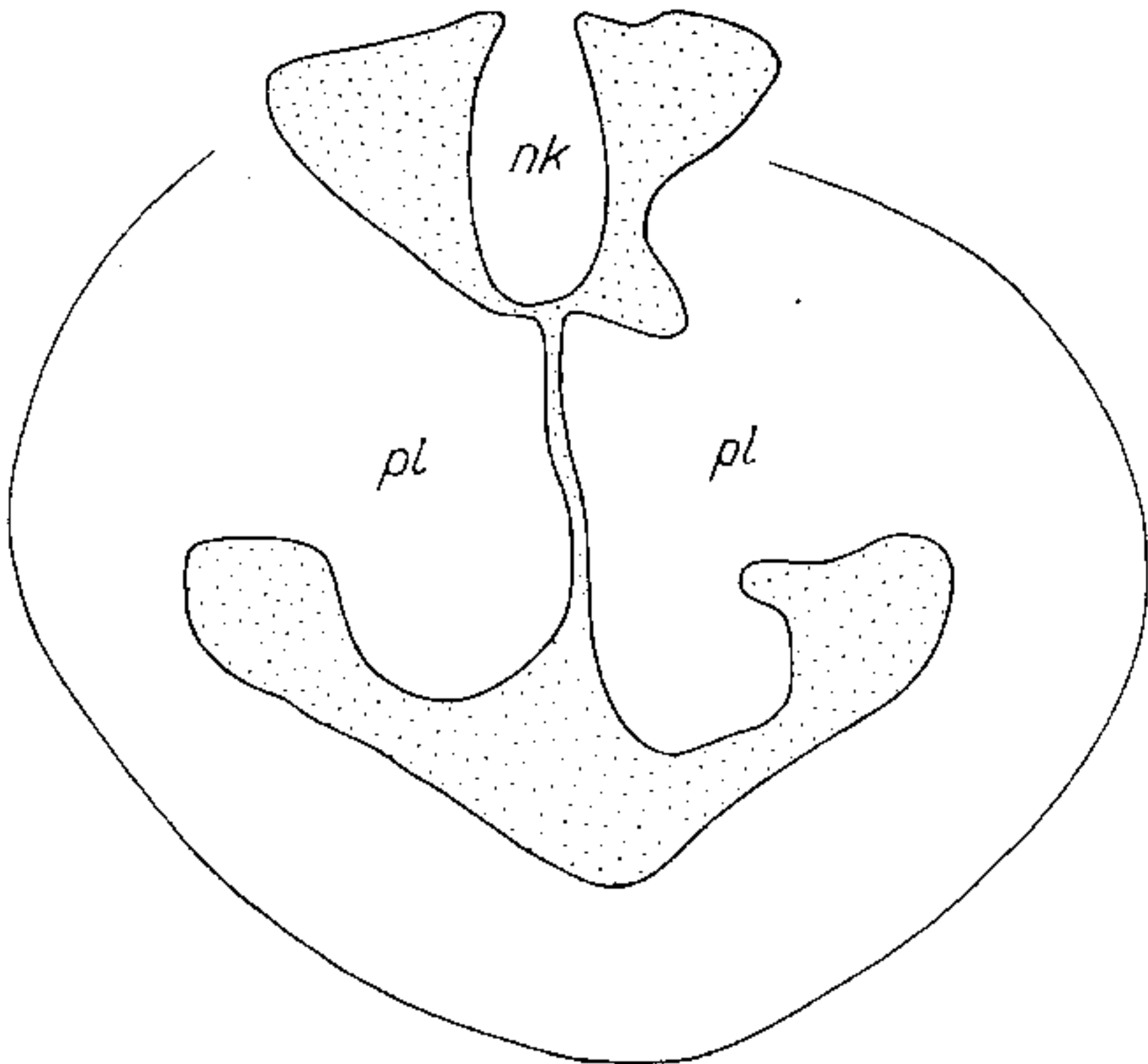


Abb. 67

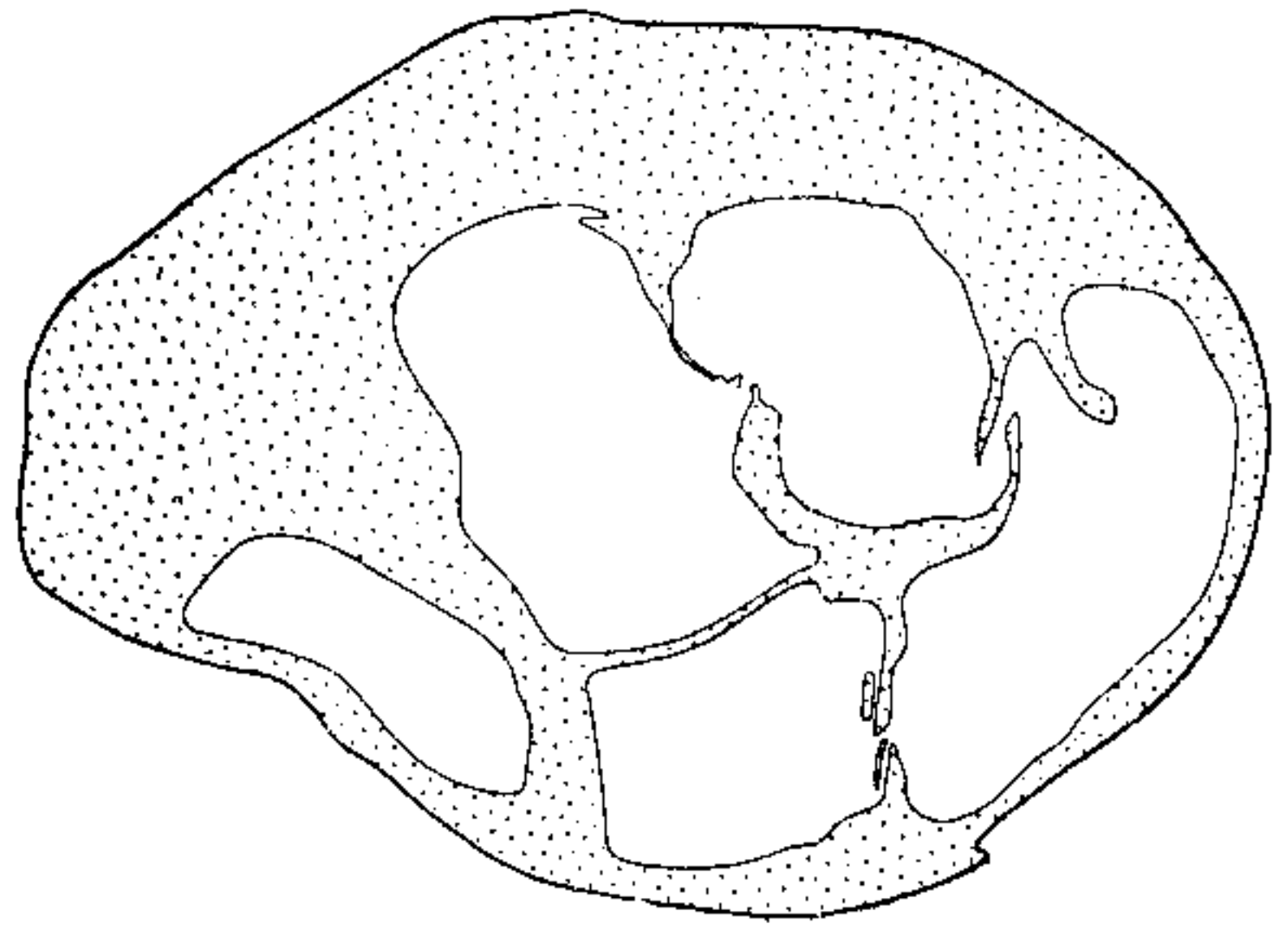


Abb. 68

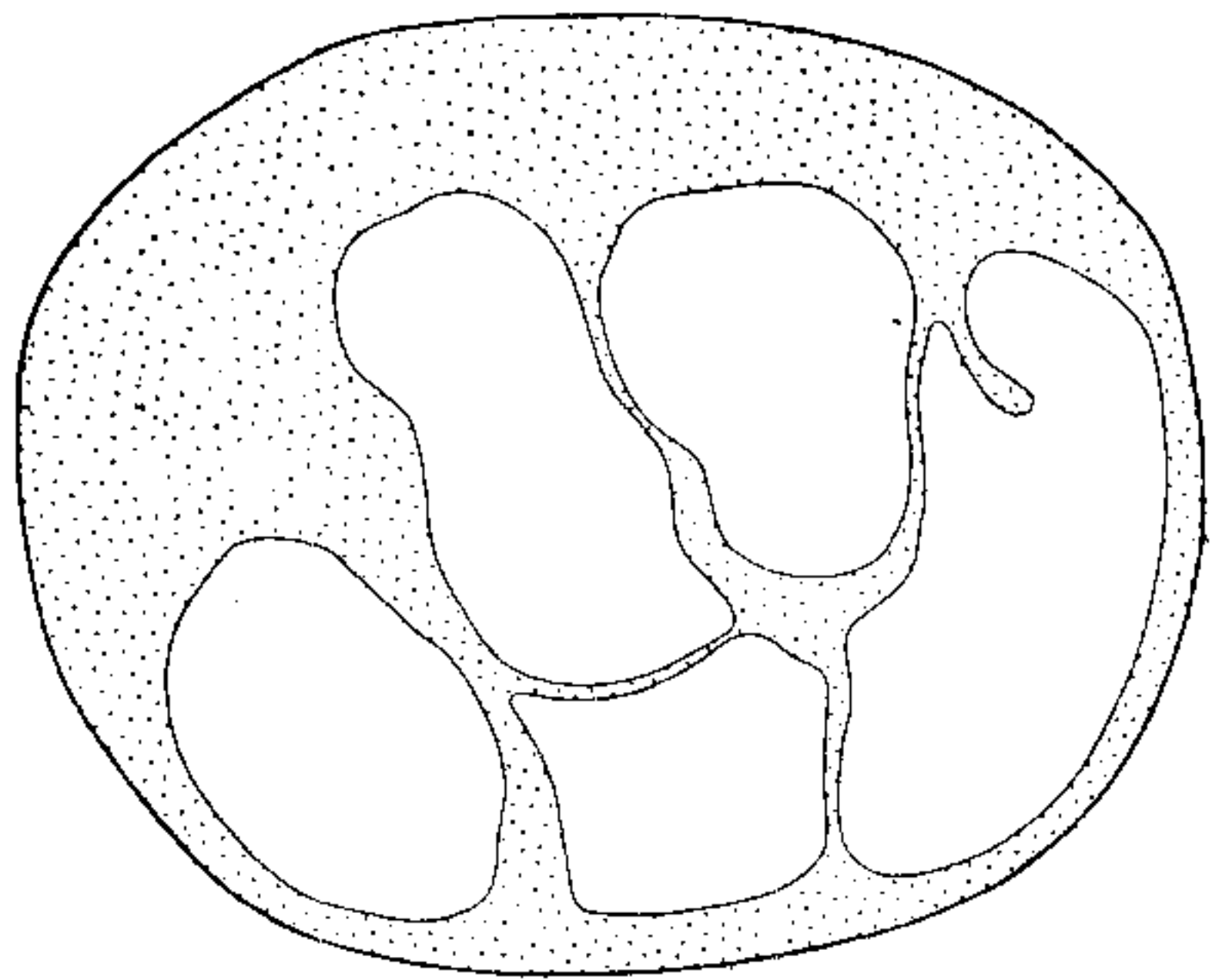


Abb. 69

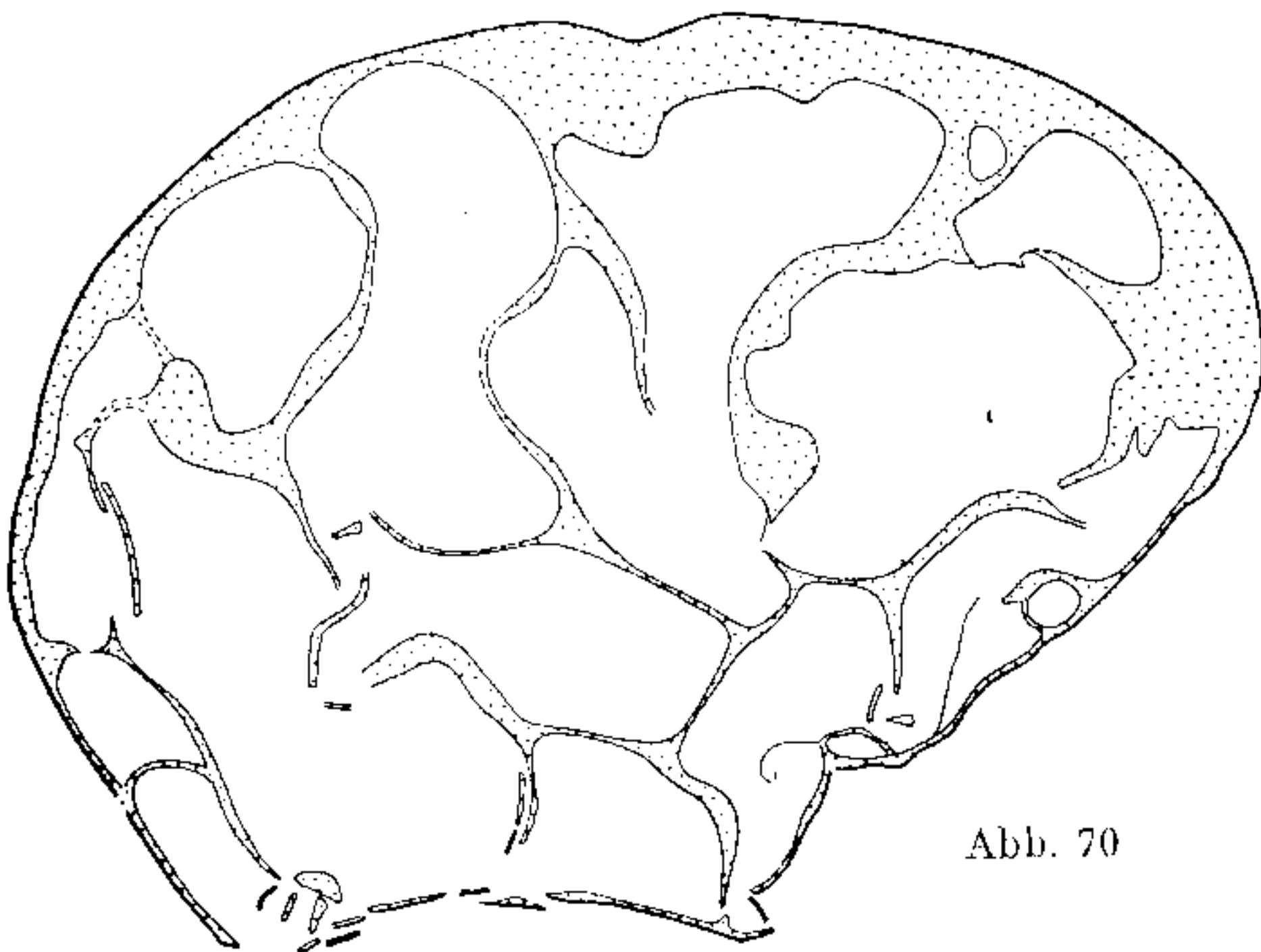


Abb. 70

Abb. 67. Querbruch durch einen Rumpfwirbelkörper (Grabungsstelle dd). $\frac{1}{4}$ nat. Gr.

Abb. 68-70. Transversalschnitte durch den Condylus eines Halswirbels (Fund Aa). $\frac{1}{3}$ nat. Gr.
Abb. 68. Vorderer Schnitt. Abb. 69. Derselbe rekonstruiert. Abb. 70. Hinterer Schnitt.

Um den inneren Bau des Gelenkkopfes der Halswirbel kennenzulernen, wurden an zwei Stücken Schnitte hergestellt. Der Condylus eines großen hinteren Halswirbels vom Fund Aa wurde zweimal in einem Abstand von etwa $3\frac{1}{2}$ cm transversal durchgeschnitten. Wie schon die äußere Form, weist auch der Querschnitt die Merkmale erheblicher Verdrückung auf, die den Umriß in dorso-ventraler Richtung erniedrigt, die ventrale Wand eingedrückt und die innere Lamellenstruktur gestört hat. Die Abbildungen Nr. 68 und 70 geben die Ansichten der beiden Schnitte wieder, in Einzelheiten vervollständigt durch Kombinierung der Ansichten beiderseits jeder Schnittfuge, die wegen der Dicke des Schnittes nicht ganz kongruent sind. Abb. 69 ist die Rekonstruktion des vorderen Querschnittbildes, bei der versucht wurde, die Verdrückung und die Brüche der inneren Lamellen zeichnerisch herauszubringen. Das Innere des Condylus weist eine äußerst grobzellige Struktur auf; der vordere Transversalschnitt hat nur fünf

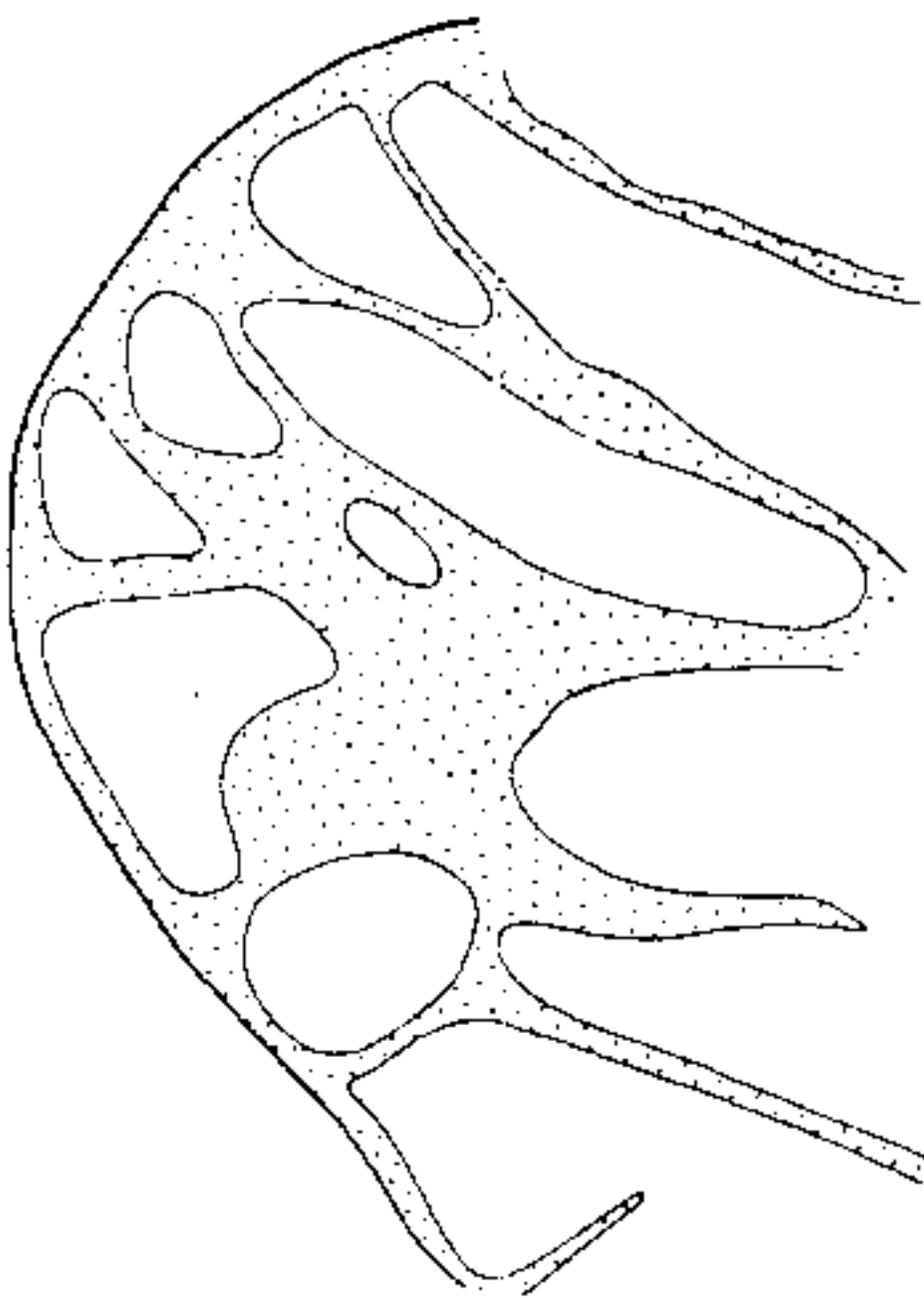


Abb. 71
Sagittalschnitt durch den Condylus eines Halswirbels (SI).
 $\frac{1}{3}$ nat. Gr.

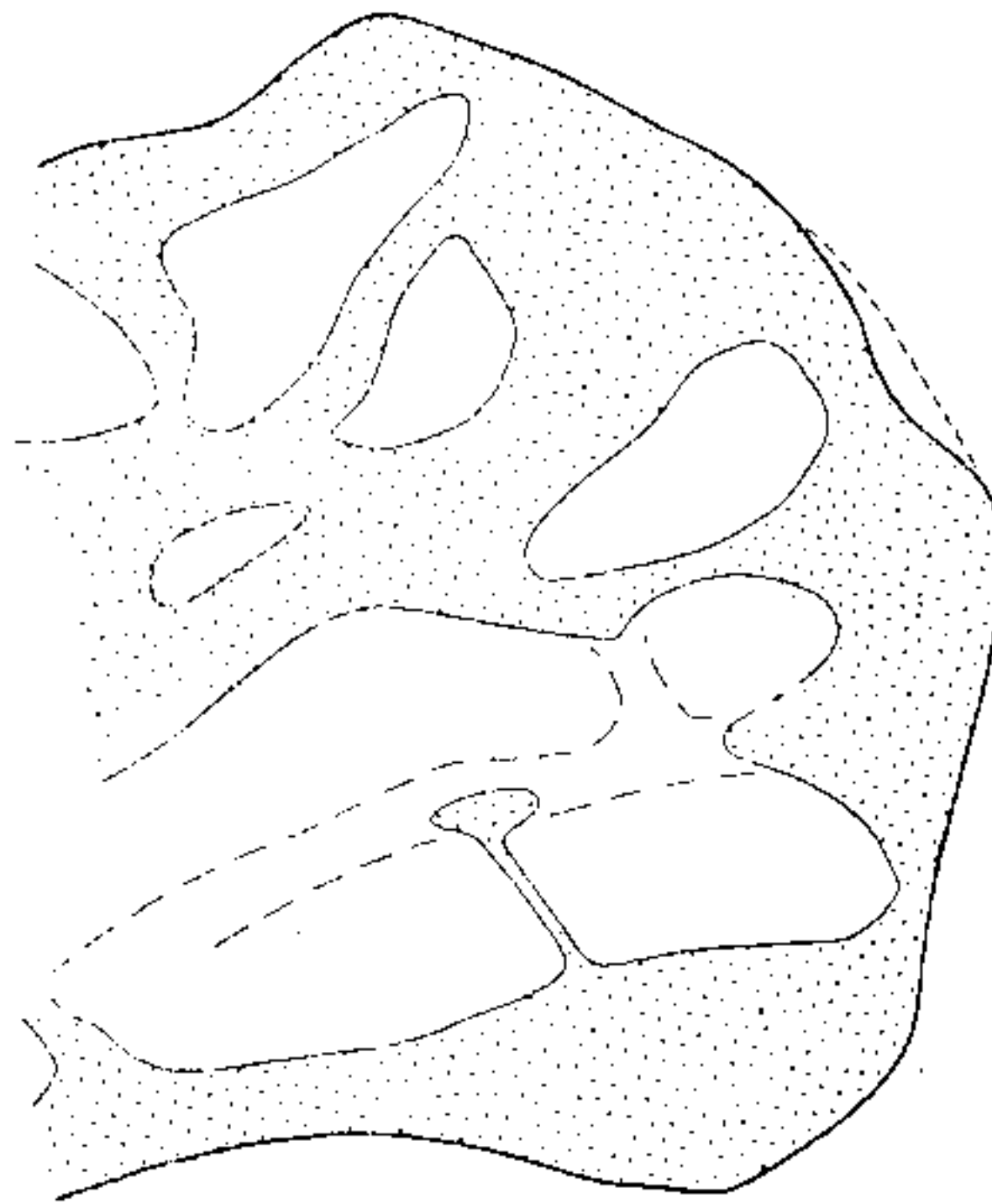


Abb. 72
Sagittalschnitt durch das Vorderende eines Rumpfwirbels (Fund W).
 $\frac{1}{3}$ nat. Gr.

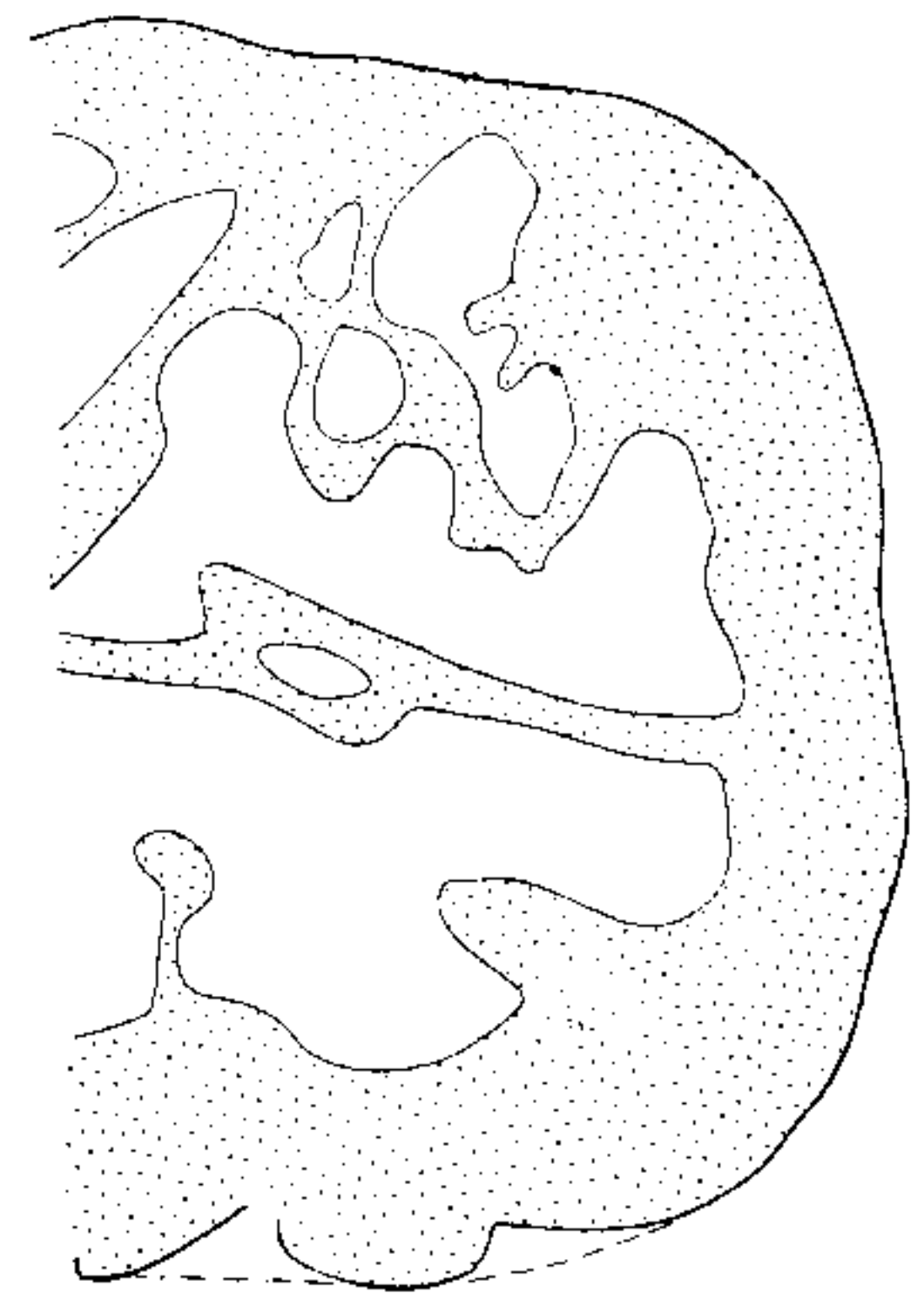


Abb. 73
Halber Transversalschnitt durch den Wirbelkörper desselben Wirbels wie Abb. 72. $\frac{1}{3}$ nat. Gr.

große Hohlräume getroffen, bei dem hinteren Schnitt ist die Zahl größer, da neben den großen mittleren Zellen kleinere seitliche auftreten. Die Wandungen der Zellen sind größtenteils sehr dünn, vielfach nicht stärker als 1 mm. Bei den dünnen Partien ist die Struktur viel dichter als an den stärkeren Stellen und in der Außenwand. Einen sagittalen Schnitt annähernd in der Medianebene durch den in mäßigem Grade in dorso-ventraler Richtung verdrückten Condylus eines zerfallenen mittleren Halswirbels vom Fund SI stellt Abb. 71 dar, und zwar ohne nennenswerte Korrekturen des Schnittbildes. Das Bild zeigt nahe der gewölbten Oberfläche einen Kranz von kleinen, kurzen Zellen durchschnitten, während nach caudal wenige umfangreiche, langgezogene Hohlräume ziemlich parallel verlaufend getroffen sind. Daß sie hinten keinen Abschluß haben, konnte an den Wirbeln selbst festgestellt werden, während das Schnittbild nicht genügend weit nach caudal reicht und nur an einer Stelle das freie Ende einer Zellenwand zeigt. Daß die trennenden Wände stellenweise sehr stark erscheinen, rührt davon her, daß hier der

Schnitt in die Fläche dieser lamellenhaften Wände fällt. Die Schnitte durch die Halswirbel von SI und Aa lehren, daß die äußere Wandung des Condylus dorsal viel stärker ist als ventral. Das dürfte damit zusammenhängen, daß die Dorsalseite des Condylus durch das Gewicht des vorhergehenden Halsabschnittes belastet war. An dem Sagittalschnitt ist der Unterschied in der Stärke auch erkennbar, jedoch nicht so deutlich, die dorsale Wand ist allerdings auch größtenteils nicht erhalten.

Besonders wertvolle Aufschlüsse über den inneren Bau gewährte ein in mehrere Stücke zerfallener großer Rumpfwirbelkörper von der Fundstelle W im mittleren Sauriermergel. Im Inneren des Wirbelkörpers sind die ihn durchziehenden Lamellen und Balken durch eine kalkig verhärtete Kruste verstärkt und trefflich konserviert, so daß durch Entfernung des weichen Mergels die Höhlungen freigelegt werden konnten und ihre Gestalt überaus klar dem Auge darbieten. Ein sagittaler Schnitt wurde durch das Vorderende des Wirbelkörpers fast genau in der Medianebene gelegt, die rechte Hälfte dann in einem Abstand von 8 cm von der am weitesten vorragenden Stelle des Condylus in einer Transversalebene durchgeschnitten. Der allgemeine Charakter der Innenstruktur des Wirbelkörpers kennzeichnet sich darin, daß dieser von großen Zellen durchzogen wird, deren trennende Wände ziemlich stark, meist 4–8 mm, dick sind. Besonders dick sind alle Außenwände. Die Aushöhlung des Körpers ist bei weitem nicht so extrem, wie z. B. bei *Barosaurus*, bei dessen Rumpfwirbelkörper nur eine ganz dünne Außenwandung bestehen geblieben ist. Die für die kavernösen Präsakralwirbel vieler Sauropoden charakteristische innere mediane Wand teilt ungewöhnlicherweise nicht den ganzen Innenraum des Wirbelkörpers, sondern nur etwa die obere Hälfte, sie ist im mittleren Abschnitt unter rechtem Winkel mit dem Boden des linken Pleurocöls verschmolzen, während sie rechts nicht verwachsen ist.

Der Sagittalschnitt (Abb. 72) zeigt, daß das Vorderende des Wirbelkörpers im Bereich des Condylus von nach vorn deutlich divergierenden großen Zellen durchzogen wird. Die zweitunterste dieser Zellen hängt zusammen mit einer umfangreichen, in frontaler Ebene den ganzen Wirbel durchziehenden niedrigen Kammer. Diese wird, wie auch der Transversalschnitt (Abb. 73) deutlich erkennen läßt, von der ebenfalls frontal gestellten Platte überdacht, die im mittleren Abschnitt des Wirbels gleichzeitig den Boden der pleurocentralen Gruben bildet. Nach ventral steht die Kammer mit Nebenräumen in weit offener Verbindung. Auch oberhalb der Platte ist ein niedriger, ausgedehnter Hohlraum sichtbar, der sich aber gegen hinten verengt und schließt. Darüber liegen die kleineren, rundlichen oder länglichen, z. T. zusammenfließenden Querschnitte der Zellen, die in den Condylus eindringen. In der meist über 3 cm starken dorsalen, in der ventralen und der vom Condylus gebildeten vorderen Wand ist das Knochengewebe vorherrschend grobspongiös.

Im hinteren, nicht durch Schnitte aufgeschlossenen Abschnitt des Wirbelkörpers findet sich als Fortsetzung der erwähnten großen, frontal ausgedehnten Kammer, aber von dieser durch eine transversale Wand getrennt, ein umfangreicher Hohlraum, der nach hinten von der durchschnittlich etwa 3½ cm starken Wand der Gelenkpfanne, nach unten von der 1½ bis 2 cm dicken Ventralwand umschlossen wird. Die Pleurocöle dehnen sich nach dorsal gegen den Boden des Neuralkanales aus, außerdem dringen von ihm, rechts in der Dreizahl sichtbar, Zellen in die Seitenwände des Neuralbogens nach oben ein und machen sie ausgeprägt kavernös. Die Wände der Zellen und Kammern sind an zahlreichen Stellen von Öffnungen unterbrochen, so daß nicht daran zu zweifeln ist, daß die Hohlräume alle miteinander und weiterhin mit den Pleurocölen kommunizieren.

Viel kleinzelliger ist die Struktur bei dem Rumpfwirbel aus dem Wealden der Insel Wight, den R. OWEN (1875 Taf. 9, Fig. 1) als *Bothryospondylus magnus* abbildet.

Nimmt man an, daß bei den Sauropoden, wie bei Vögeln, Luftsäcke in die Wirbel eindringen und zwar durch die pleurocentralen Öffnungen, so kann man mit erheblicher Wahrscheinlichkeit weiterhin folgern, daß auch die großen, mit den Pleurocölen verbundenen Zellen in den Wirbelcondylen luft-erfüllt waren.

Sakrum.

Sakrum der Grabungsstelle Aa (Abb. 74, 75). Das Sakrum lag auf der rechten Seite und war so weitgehend abradiert, daß von den Sakralwirbelkörpern nur die obere rechte Hälfte des fünften, ferner die Neurapophysen, die rechten Diapophysen und Seitenfortsätze erhalten sind. Auch diese letzteren sind zum Teil unvollständig, namentlich der zweite und dritte in ihren dünnen lamel-lösen Teilen.

Der unvollständige fünfte Wirbelkörper besitzt eine fast ebene Endfläche mit wulstig verdicktem Rand. Der hintere Eingang des sakralen Neuralkanales hat dreieckigen Umriß; er ist 7 cm hoch und unten etwa 8 cm breit. Die Wandlung des Neuralkanales ist nur beim fünften Sakralwirbel erhalten; hier bleibt in seinem Verlauf die Höhe annähernd gleich.

Von den Neurapophysen sind die beiden letzten selbständig, die drei vorderen verwachsen. Die letzte stellt eine Platte dar von hoch-rechteckigem Umriß. Auf der Seite sitzt unten eine kurze dicke Supradiapophysialleiste. Der Oberrand der Neurapophyse ist kaum verdickt, ihre freie Höhe über der Diapophyse beträgt $22\frac{1}{2}$ cm. Die Neurapophyse des vierten Sakralwirbels ist der vorhergehenden ähn-lich, sie ist etwas länger, im oberen Abschnitt durchschnittlich etwa 15 cm lang. Die größte Abweichung besteht darin, daß das dickere, wulstig verstärkte Oberende der Neurapophyse seitlich vorspringt und scharfrandig zwei hintereinander liegende Höhlungen überdacht; hinten senkt sich diese Verdickung beiderseits weiter hinab und geht in die Suprapostzygapophysialleiste über. Die Neurapophyse des 4ten Wirbels ist vorn in etwa ein Drittel Höhe mit der vorhergehenden verwachsen. Die Neurapophysen der drei ersten Sakralwirbel sind zu einer einheitlichen, dünnen Platte verschmolzen, ihr Oberende ist beim 3ten und beim 2ten Wirbel zunehmend verdickt. An den Neurapophysen sind herabziehende Reste dünner Lamellen als Supradapophysialleisten zu deuten. Unter der flachen Terminalfläche der drei Neurapophysen springen gerundete Höhlungen (Außenkavernen) tief ein. Von der gesamten terminalen Länge von 48 cm kommen etwa 17, 17 und 14 cm von hinten nach vorne auf die einzelnen Wirbel.

Die Seitenfortsätze sind zusammengesetzt aus der Diapophyse, der Parapophyse und der Sakral-rippe, die den weit überwiegenden Hauptteil ausmacht. Nahtlinien zwischen Parapophyse und Sakral-rippe sind nicht festzustellen, zwischen Diapophyse und Sakralrippe sind sie dagegen im allgemeinen deutlich erkennbar. Der Seitenfortsatz des 5ten Wirbels ist eine große, in der Mitte ziemlich dünne Platte, medial etwa 29 cm, lateral ungefähr 36 cm hoch. In dem am medialen Abschnitt nach vorn vor-gebogenen Oberrand ist die Diapophyse zu sehen. In der lateralen Hälfte ist der Oberrand dagegen an einer Kante weit nach hinten umgelegt. Wie bei allen vier hinteren Sakralrippen verstärkt sich der kräftige Unterrand nach lateral zu einem mächtigen Kegel. Die äußerste Entfernung dieser Fläche von der Medianebene beträgt etwa 40 cm. Der 4te Seitenfortsatz ist steiler gestellt als der 5te und etwa 31 cm hoch; er ist in großer Ausdehnung nur wenige mm dünn. Die Diapophyse liegt als eine sich nach lateral verschmälernde Platte auf. Bei dem 3ten Seitenfortsatz ist die Diapophyse bedeutend breiter als beim 4ten. Über die sehr unvollständig erhaltene Sakralrippe läßt sich sagen, daß sie, abgesehen von



Abb. 74



Abb. 75



Abb. 76

Abb. 74. Sakrum (Fund Aa); rechte Seitenansicht. $\frac{1}{10}$ nat. Gr.
Abb. 75. Dasselbe Sakrum; Ansicht schräg von oben und hinten.
 $\frac{1}{10}$ nat. Gr.
Abb. 76. Sakrum (Fund T); Ventralansicht. $\frac{1}{10}$ nat. Gr.

dem sehr kräftigen, kegelförmigen unteren Abschnitt, sehr dünn lamellös war und daß über diesem der Lateralrand nicht bis an das Ilium reichte, sondern einen umfangreichen Durchbruch frei ließ. Die Höhe war medial und lateral größer als beim 4ten Seitenfortsatz. Dem 3ten ähnlich, aber noch höher, muß der 2te Seitenfortsatz gewesen sein. Die Diapophyse, die eine tiefe, nach hinten offene Nische überdacht ist lateral etwa 14 cm breit. Die unvollständig erhaltene konische Verdickung sendet, abweichend von den hinteren Sakralrippen, vorn und hinten eine dünne Wand nach oben, die beide aber nur in geringer Ausdehnung erhalten sind; sie umschließen eine weite Kammer. Bei dem ersten Seitenfortsatz ist die Diapophyse schmaler; er weicht dadurch weitgehend von den hinteren ab, daß er dreiseitigen Umriß hat und nach vorn ausgeprägt konvex ist. Der Unterrand, der sich steil nach unten außen absenkt, verstärkt sich nur sehr mäßig nach lateral, und obwohl die untere laterale Partie nicht erhalten ist, läßt sich klar erkennen, daß eine ähnlich mächtige Verstärkung wie bei den anderen Sakralrippen nicht ausgebildet war. Der Lateralrand der dünnen Platte, die im oberen Abschnitt erhalten ist, ist sehr dünn und reichte hier nicht bis an das Ilium. Nur oben findet sich eine rundliche Anschwellung, die eine Ansatzstelle am Ilium bedeutet. Der erste Seitenfortsatz übertrifft die anderen an Ausdehnung erheblich; die vorhandene dreiseitige Platte hat eine Seitenlänge von jedesmal etwa 50 cm.

Sakrum der Grabungsstelle T (Abb. 76). Die Grabungsstelle T im oberen Sauriermergel hat Reste eines jugendlichen *Brachiosaurus* geliefert, unter denen sich neben Rumpfwirbeln ein Sakrum befindet. Die Erhaltung ist insofern ungünstig, als die äußere Form infolge innerer Kristallisationsvorgänge vielfach verzerrt ist. Die Wände der Neuralbögen sind unvollständig, die Diapophysen fehlen fast ganz.

Vorhanden sind 4 Sakralwirbelkörper; die beiden mittleren hängen zusammen, während die beiden anderen frei sind; dem letzten fehlt die vordere Hälfte; die grobhöckerige Oberfläche seiner hinteren flachkonkaven Endfläche zeigt an, daß an ihr ein letzter 5ter Wirbelkörper angrenzte. Der erste Wirbelkörper ähnelt sehr stark dem eines hinteren Rumpfwirbels, seine vordere Endfläche ist stark konvex, etwa 25 cm breit. Die infolge mangelhafter Erhaltung des Ventralrandes unvollständige Höhe kann auf 18 cm geschätzt werden. Umfangreiche pleurozentrale Höhlungen dringen so tief ein, daß anscheinend nur eine sehr dünne mediane Lamelle sie trennt.

Den vorderen Ausgang des sakralen Neuralkanals seitlich einfassend, wächst über der hinteren Endfläche eine kräftige Wand etwa 9 cm nach oben und lateral weit heraus. Die abgeflachte Ventralseite des Wirbelkörpers ist zwischen den verbreiterten beiden Endflächen stark, auf etwa 20 cm, eingezogen, median verläuft auf ihr ein flach gerundeter Rücken. Der zweite Wirbelkörper ist auf der ziemlich quadratischen Ventralseite in seinem vorderen Abschnitte ähnlich dem ersten flach mit einem niedrigen, gerundeten, medianen Rücken. Der 3te Wirbelkörper ist dadurch gekennzeichnet, daß er in seinem ventralen Teil sehr stark zu einer in der Mitte ursprünglich nicht über 4 cm breiten Walze verschmälert ist. Der 4te Wirbelkörper, dessen vorderer Teil fehlt, ist ventral wiederum stark verschmälert, in der Längenmitte bis auf fast $5\frac{1}{2}$ cm. Die grobhöckerige hintere Endfläche ist elliptisch, etwa $17\frac{1}{2}$ cm hoch und $14\frac{1}{2}$ cm breit.

Den Seitenfortsätzen fehlen die Diapophysen. Die aufsteigenden oberen dünneren, größtenteils flächenhaft gebauten Abschnitte ließen sich aus den vorhandenen zahlreichen Teilstücken, in die sie zerfallen waren, nicht zusammensetzen. Den unteren Querbalken, die in ihrer Mehrzahl gestaucht und dadurch verkürzt sind, ist bei den drei mittleren Sakralrippen gemeinsam, daß sie im mittleren Abschnitt schlank sind, sich nach medial stark verdicken, aber besonders gegen lateral zu massigen, klobigen Köpfen werden, die die umfangreichen Nahtflächen für das Ilium aufweisen.

Die Dorsalansicht der Wirbelkörper zeigt, daß der Neuralkanal zwischen den seitlichen, dorsal bis zur neurozentralen Naht vorhandenen Wandabschnitten etwa 6–7 cm weit ist. Beim ersten Wirbelkörper findet sich etwa 4 cm vor der vorderen Endfläche des Körpers median im Boden des Neuralkanales eine kleine, etwa 2 cm lange Grube. Beim zweiten Wirbel senkt sich die auffallend große, etwa 5 cm lange Grube tief mit senkrechten Wänden in den Körper ein, beim dritten ist sie ebenso lang, jedoch weiter und dadurch noch umfangreicher, ihre Hinterwand senkt sich jedoch schräg nach vorn ein. Die allein vorhandene hintere Hälfte des Bodens des Neuralkanales des vierten Wirbels ist ganz eben.

Die Gesamtlänge der drei vorderen Sakralwirbel beträgt in der Mittelebene ungefähr 48 cm, wovon etwa 14 auf den ersten kommen, der ergänzt gedachte vierte Wirbel dürfte die Länge auf etwa 66 cm vermehrt haben. Der Seitenabstand der lateralen Nahtflächen für das Ilium an deren Ventralrand beim zweiten Wirbel kann auf ungefähr 60 cm geschätzt werden.

Der erhaltene Teil der rechten Seite des Neuralbogens gestattet über die Gestaltung des sakralen Neuralkanales nur wenige Angaben. Der intervertebrale Abschnitt des Neuralkanales zwischen dem zweiten und dritten Sakralwirbel ist zu einer außerordentlich geräumigen, ungefähr 20 cm hohen und 13 cm langen Kammer erweitert, von der dorsal ein Kanal aufsteigt. Im Bereich des dritten Sakralwirbels senkt sich das Dach des Neuralkanales um vielleicht 5 cm herab. Diese intervertebrale Einschnürung des Neuralkanales ist weit und flach, hat also nicht den Charakter einer einschneidenden dünnen Lamelle, wie ich sie bei *Dicraeosaurus sattleri* fand (JANENSCH 1933).

Vorhanden sind die Neurapophysen der vier vorderen Sakralwirbel, von ihnen sind die zweite und dritte ohne erkennbare Nahtlinie fest miteinander verwachsen, die erste ist noch frei geblieben, die benachbarten Fugenflächen an ihr und der zweiten Neurapophyse passen so genau überein, daß die Knorpelfuge nur eng gewesen sein kann. Die vierte Neurapophyse, deren Verbindung mit dem Neuralbogen erhalten ist, ist in ganzer Länge frei. Die Neurapophysen, als Ganzes betrachtet, stellen eine dünne Knochenwand dar, an der seitlich vertikale Leisten wenig entwickelt sind. Der dorsale Rand ist in mäßigem Grade zu einem rundlichen Längswulst verdickt. Die geringe Höhe der Neurapophysen erhellt aus der freien Höhe der vierten Neurapophyse, die nur etwa 23 cm mißt. Die cranio-caudale Länge des Oberrandes beträgt für die erste Neurapophyse ungefähr 13½ cm, für die beiden folgenden verwachsenen, unter Abzug zweier klaffender Querbrüche, 30 cm und für die vierte 11½ cm.

Der Vergleich der Sakren der Funde Aa und T muß sich infolge der verschiedenartigen Unvollständigkeit beider auf wenig beschränken. In Betracht zu ziehen ist dabei, daß Fund T von einem viel jüngeren Tier stammt und daß der Altersunterschied auch morphologische Verschiedenheiten bedingt haben kann. Das könnte der Grund dafür sein, daß durchgehends die pyramidale laterale untere Verdickung der Sakralrippen bei Aa massiger ist als bei T. Bei der vierten Sakralrippe ist der Unterschied in der Stärke besonders auffallend. Sehr gut stimmen die Neurapophysen der beiden Sakren überein. Der etwas geringere Grad der Verwachsung der Neurapophysen miteinander beim Sakrum T gegenüber dem Sakrum Aa beruht gewiß auf dem geringeren Lebensalter.

Schwanzwirbel.

Material.

Aus dem mittleren Sauriermergel:

Fund Aa: Zusammenhängende Wirbelsäule, die vorderen 18 Wirbel nebst Hämapophysen umfassend.

Fund p: 11 vordere Schwanzwirbel, nicht völlig im Zusammenhang.

Fundstelle dd: 14 einzelne Wirbel aus dem vorderen, mittleren und hinteren Abschnitt.

Fund Gl: 16 einzelne Wirbelkörper aus dem vorderen, mittleren und hinteren Abschnitt.

Fundstelle St: 4 vordere Wirbel.

Fund Y: 2 Wirbel aus dem mittleren Abschnitt.

Aus dem oberen Sauriermergel:

Fund D: 29 Wirbel, davon 23 im Zusammenhang hinter dem Sakrum.

Fund no: 50 Schwanzwirbel, vom zweiten ab in ursprünglicher Reihenfolge.

Einzelfunde.

Beschreibung.

In den Vordergrund der Beschreibung wird die am besten erhaltene Schwanzwirbelsäule des Fundes Aa gestellt, die den vorderen und einen Teil des mittleren Abschnittes umfaßt. Fund D lehrt darüber hinaus den hinteren Teil des mittleren Abschnittes kennen. Fund no schließlich gibt auch über den hinteren Abschnitt Aufschluß. Die anderen aufgezählten Funde werden nur kurz behandelt. Einige weitere Einzelfunde von Schwanzwirbeln bleiben außer Betracht mit Ausnahme des Wirbels J 40.

Schwanzwirbelsäule Fund Aa (Taf. II). Die Schwanzwirbelsäule des Fundes Aa lag im geschlossenen Zusammenhang hinter dem letzten Sakralwirbel und umfaßt die vorderen 18 Wirbel (Fundnummer Aa 17–34). Da das Gestein, in das die Wirbelsäule eingebettet war, ein sehr fester, feinkörniger Kalksandstein ist, weisen die Wirbel nur unbedeutende Verdrückungen auf. Bis einschließlich des 7ten Wirbels fehlen die linken Querfortsätze. Im übrigen sind die Wirbel vollständig erhalten bis auf die rechten Querfortsätze des 3ten und 5ten Wirbels, beide Präzygapophysen des ersten, die rechte des 3ten Wirbels und einige fehlende Partien, meist an den Rändern der Endflächen von Wirbelkörpern.

Der Wirbelkörper hat bei den drei ersten Wirbeln die Gestalt einer dicken kreisrunden Platte. Die Länge des Körpers ändert sich bei den folgenden Wirbeln fast gar nicht. Höhe und Breite nehmen vom 2ten Wirbel an aber dauernd ab und zwar zunächst stärker, später schwächer. Die dickplattige Form des Körpers geht damit in eine mehr kurzsäulenförmige über. Da die Höhe vom 4ten Wirbel ab zunächst deutlich stärker abnimmt als die Breite, so wandelt sich der kreisrunde Umriß der Endflächen der ersten Wirbel bei den folgenden in eine kurzelliptische um.

Der Rand der vorderen Endfläche tritt beim 3ten bis 15ten Wirbel oben etwas vor. Bei dem ersten Schwanzwirbel ist die vordere Endfläche in ihrer unteren Hälfte kräftig vorgezogen, sicherlich im Einklang mit einer entsprechenden Einziehung in der unteren Hälfte der hinteren Endfläche des letzten Sakralwirbels.

Die vordere Endfläche ist in geringem, aber bei allen Wirbeln nicht ganz gleichem Grade konkav eingesenkt. Bei den meisten Wirbeln, besonders stark beim ersten, ist ein Feld in der Mitte unter dem

Oberrand aus der Konkavität deutlich konvex herausgebeult. Die hinteren Endflächen sind, wie die vorderen, deutlich, aber meist nicht stark konkav, vom 8ten bis 11ten Wirbel sind sie merklich stärker eingesenkt als die vorderen. An den Rändern der vorderen und hinteren Endflächen ist meist deutlich eine bis 2 cm breite, umlaufende Facette schräg angeschnitten, an der sich sicherlich das benachbarte Wirbel verbindende Ligament angeheftet hatte. Zwischen den Endflächen ist der Körper kräftig eingezogen; Art und Grad dieses Einziehens bestimmt hier die Form des Querschnittes. Beim ersten Schwanzwirbel konvergieren die eingekrümmten Seitenflächen deutlich gegen ventral, wodurch die Ventralfläche verschmälert wird. Beim 2ten Wirbel ist dagegen die Ventralfläche viel breiter, um sich dann bei den folgenden Wirbeln wieder zunehmend zu verschmälern.

M a ß e d e r S c h w a n z w i r b e l v o n F u n d A a i n c m.

Platz in der Schwanz- wirbel- säule	Länge des Körpers in ½ Höhe	Vorderende des Körpers		Hinterende des Körpers		Gesamt- höhe des Wirbels	Gesamt- breite des Wirbels
		Höhe	Breite	Höhe	Breite		
1	14,5 +	23,0 (+)	22,3 +	23,9	23,4 (+)	51,9	
2	14,3	23,6	23,9 (+)	22,0	22,5	47,6	
3	14,5	22,4	23,4	20,9 (+)	22,5	44,3	
4	14,3	20,8	22,9	19,5	21,5	41,1	
5	14,6	19,1	22,1	18,7	21,2	38,0 (±)	
6	14,2	17,9	21,3	18,2	20,1	35,6	
7	15,0	17,2	20,4	18,0	20,2	34,3	
8	14,9	16,3	20,7	17,3	20,8	32,3	29,1
9	14,6	15,1	20,0	15,4	19,3	30,2	
10	14,5	14,2	20,1	15,3	19,2	28,8 (±)	23,3
11	14,6	13,6	19,4	14,5	18,5	28,1	20,5
12	13,9	13,5	18,7	13,6	18,0	26,8	18,28
13	14,2	13,2	17,6	14,4	16,6	25,9	16,4 (+)
14	13,9	12,9	16,9	13,5	16,2	24,2	14,9
15	14,2	12,2	16,1	13,2	15,3	23,5	13,4
16	14,1	11,5	15,6	12,3	14,6	22,3	12,3
17	14,0	11,4	14,9	11,0	14,1	21,2	11,6
18	13,8	10,7	14,2	10,1	13,3	20,1	10,5

Die Facetten für die Hämapophysen sind an der hinteren Endfläche wenig deutlich vom 2ten bis 4ten Wirbel, werden aber deutlich vom 5ten Wirbel ab. Pleurozentrale Gruben fehlen; lediglich beim 2ten ist unter der Wurzel des Seitenfortsatzes eine längliche, etwa 4 cm lange Einsenkung besonders rechts deutlich entwickelt.

Da sich am ersten Wirbel der Neuralkanal stark nach hinten absenkt, sitzt die hintere Endfläche erheblich tiefer als die vordere; das schwächt sich beim 2ten Wirbel bereits ab und vom 6ten Wirbel ab verläuft der Neuralkanal annähernd parallel mit der Längsachse.

Der Neuralbogen ist im ganzen recht einfach gebaut, er umfaßt dachförmig mit dicken Wänden den Neuralkanal. Der Querschnitt des Neuralkanals ist beim 2ten Wirbel etwas hinter seinem vorderen Ausgang 44 mm hoch, 38 mm breit, bis zum 18ten Wirbel haben sich diese Zahlen auf 20 und 25 mm

vermindert; der Neuralkanal ist also bei den vorderen Wirbeln höher als breit, er wird im Verlauf der Wirbelsäule breiter als hoch.

Der Seitenfortsatz wird im wesentlichen von der Schwanzrippe gebildet, deren Naht bei diesen Wirbeln nicht erkennbar ist. Er ist auch bei den vorderen Wirbeln, verglichen mit vielen anderen Sauropoden, von geringem Umfang und einfachem Aufbau. Beim ersten Wirbel ist eine Leistenbildung in geringem Grade erkennbar. Der distale Abschnitt ist flach etwa $9\frac{1}{2}$ cm breit, hakenförmig nach hinten gekrümmt; aus ihm wächst vorn nach unten eine dünne Lamelle gegen den Körper heraus, eine zweite dünne zieht vorn schräg aufwärts zur Präzygapophyse. Bei den nachfolgenden Wirbeln wird der Seitenfortsatz zu einer einfachen, flachen, schwach nach hinten gekrümmten Spange ohne Leisten und nimmt an Länge, Breite und Stärke dauernd ab; vom 6ten Wirbel ab bildet sich über dem Vorderende der Spange eine schräg nach vorn aufwärts ziehende längliche, rauhe Anschwellung, die dem Ansatz eines Muskels oder einer Sehne gedient haben dürfte. Vom 11ten Wirbel ab ist der Seitenfortsatz nur noch ein kurzer Dorn, vom 15ten ein unbedeutender Knopf.

Die Neurapophyse stellt bei allen vorhandenen Wirbeln einen einfachen, rechteckigen, plattigen, nach hinten geneigten Fortsatz dar, dessen Höhe dauernd abnimmt, und der bei den hinteren Wirbeln merklich niedriger als hoch ist. Vorderer und hinterer Rand sind rauh und höckerig, an ihnen setzte das interspinale Ligament an. Das Profil des Oberrandes der Neurapophyse ist geradlinig oder weist eine flache Welle auf.

Die Präzygapophysen sind bei den ersten Wirbeln breite, kräftig nach vorn aufwärts gestellte Fortsätze. Vom 4ten Wirbel ab wird die Präzygapophyse schmaler, weiterhin fingerförmig und stabförmig bei den letzten Wirbeln. Die Gelenkfacette beim 2ten Wirbel ist eben und ihre Neigung beträgt 70° . Beim 5ten bis 6ten Wirbel ist die Steilstellung um etwa 10° geringer, der Umriß kurzelliptisch. Die hinteren Wirbel weisen wiederum eine etwas steilere Stellung der Facetten auf; ihr Umriß ist bei diesen mehr oder weniger kurzelliptisch bis eiförmig. Der Abstand der beiden Facetten eines Wirbels voneinander, gemessen zwischen deren Mittelpunkten, ist in der ganzen Wirbelreihe auffallend gleichmäßig.

Die Postzygapophysen ragen als Fortsätze bei den meisten Wirbeln kurz, nur bei den letzten länger über die hintere Kontur der Neurapophyse vor, seitlich springen sie nur mit ihrem Oberrand über deren Seitenwand heraus. Zwischen den Hinterrändern findet sich bei den ersten Wirbeln eine schmale Grube, die bei später folgenden Wirbeln undeutlich wird. Bei den ersten Wirbeln verschmelzen die Postzygapophysen unten und bilden einen soliden Keil, den man mit einem Zygosphen vergleichen könnte.

Schwanzwirbelsäule Fund D (Taf. III). Die Wirbelsäule des Skelettes D umfaßt laut Fundbuch 31 Wirbel, die im Anschluß an das sehr schlecht erhaltene Sakrum in ursprünglicher Reihenfolge im Gestein lagen. Vorhanden sind allerdings nur 29 Wirbel; eine Lücke ist offenbar hinter dem 23ten Wirbel vorhanden und ebenfalls hinter dem diesem der Größe nach folgenden Wirbel (D 30). Die fünf kleinsten (D 26–29, D 31) scheinen wieder eine zusammenhängende Reihe zu bilden, wenn auch etwas abweichend von den Fundnummern. Die nach oben gerichteten oberen Bögen sind nur bei wenigen Wirbeln ganz erhalten, sie sind auch größtenteils durch Druck etwas erniedrigt. Durch diesen Druck sind vielleicht auch die Körper der vordersten vier Wirbel etwas dorsoventral zusammengedrückt.

Die Körper der vorderen Wirbel weisen, wie beim Schwanz Aa, parallele vordere und hintere Ränder auf, besitzen demnach in keinem Falle Keilform.

Maße der Schwanzwirbel von Fund D in cm.

Platz in der Schwanz- wirbel- säule	Länge des Körpers in ½ Höhe	Vorderende des Körpers		Hinterende des Körpers		Gesamt- höhe des Wirbels	Gesamt- breite des Wirbels
		Höhe	Breite	Höhe	Breite		
1	12,3 +	21,0 (+)	24,7	22,2 (±)	25,0		
2	12,6	20,5 (+)	25,5 (±)	21,7 (±)	24,4	39,7 (+)	45,0
3	12,2	21,1 (+)	25,0 (-)	19,9 (+)	23,1	39,3 (+)	
4	12,6		23,5	19,1 (+)	22,2		
5	13,1		22,4 (±)	17,9 (±)	21,3 (±)	33,04 +)	
6	13,0	17,3 +	20,5	17,1 (±)	20,3 (±)		
7	12,8 (+)	17,6	18,3	17,4 (±)			
8	12,7	15,3 (+)	16,1 (+)	15,5	18,5	30,4	
9	12,8	15,2	17,2	15,5	17,5 (±)		25,2 +
10	13,0	14,7		15,1	16,5		
11	13,0 (±)	14,4 (±)		14,7	15,7		
12	12,8 (±)	13,4		13,9	15,6		
13	13,1	13,3	15,7	13,6	15,2		
14	12,8	13,2	14,4	12,8 ±	14,6		
15	12,5	12,2 (+)	13,9 (±)	12,3 ±	13,3		
16	12,8	12,4 (±)	13,6 (±)	11,3 (+)	12,8		
17	12,3	11,8	12,3	10,5	12,3		
18	12,5			10,4	11,7		
19	12,0	10,0		9,8	11,4		
20	12,2	9,6	11,3	9,2	11,1	17,5	
21	12,4	9,3	10,7	8,9	11,1		
22	12,7	8,3	11,0	9,0 a)	11,2	19,5	
23	10,9 b)	8,8	10,9	8,1	11,0		
Lücke							
?		7,4 (+)	9,8				6,2
Lücke							
?	11,2	7,2	9,3 c)				
?	11,3 d)	6,5 ±	8,0	6,7	7,6		4,6
?	10,7	6,9	7,7	6,1	7,5	11,1	4,5
?	10,2	6,7	7,5	6,3	7,5	11,0	5,1
?	9,6			5,9	7,0		4,3

a) Anomal erhöht. b) Anomal kurz. c) Durch Wucherung verbreitert. d) Anomal schief.

Der Wirbelkörper des ersten Wirbels von D hat eine sehr viel breitere Ventralfläche als der erste von Aa, trotzdem ist die des zweiten noch erheblich breiter, sie wird bei den nachfolgenden Wirbeln aber wieder schmaler. Wie bei Aa ist allein beim zweiten Wirbel unter dem Seitenfortsatz eine kurze und schmale Höhle vorhanden. Vollständig ist auch die Übereinstimmung in Form und Größe beim Seitenfortsatz des ersten Schwanzwirbels beider Schwänze, während bei den folgenden Wirbeln die Seitenfortsätze bei D verhältnismäßig schwächer und schmaler sind als bei Aa. Die Neurapophysen sind sich in beiden Serien nach Höhe, Form und Stellung sehr ähnlich, nur sind sie an den vorderen Wirbeln etwas dicker als bei Aa.

Die hinteren Wirbel der Serie D erhalten zunehmend eine mehr walzenförmige Gestalt. Die Neurapophyse ist beim 20ten Wirbel eine niedrige Platte; beim 22ten Wirbel ist der hintere Abschnitt des Neuralbogens ein schräg aufsteigender Fortsatz mit dachförmiger Dorsalseite. Weiterhin, um den 30ten Wirbel, ist die Neurapophyse verschwunden, der hintere Abschnitt des Neuralbogens ist ein nach hinten gerichteter Dorn geworden, an dem sich die Postzygapophysen kaum noch bemerkbar machen, er übertrifft an Stärke nur wenig die Präzygapophysen, die den Charakter von Halbrundstäben erhalten haben.

Schwanzwirbelsäule Fund n o (Taf. IV). Die 50 Wirbel lagen, abgesehen von einigen wenigen am Ende, nicht im Zusammenhang, aber doch im ganzen einigermaßen aufeinander folgend. Zum großen Teil sind die Knochen eingedrückt, geradezu verbogen und stellenweise durch mit Kalkspat erfüllte Sprünge aufgetrieben. Die oberen Bögen sind bei den größeren Wirbeln vielfach etwas niedergedrückt. In den meisten Fällen ist der Rauminhalt der Wirbel durch die Formstörungen vermindert worden. Bei einer Anzahl vorderer Wirbel fehlen die Neurapophysen; die erhaltene des zweiten Wirbels ist dick, klobig, also etwas abweichend von Aa. Im übrigen ist trotz der ungünstigen Erhaltung der vorderen 30 Wirbel wohl erkennbar, daß diese von denen der beiden anderen Wirbelreihen in keiner Beziehung nennenswert abweichen. Ihre Messungen ergeben Werte, die zum großen Teil unsicher sind. Das Größenverhältnis von Aa und no stellt sich aus dem Vergleich der Schwanzwirbel als ungefähr wie 4: 5 heraus. Über die allgemeine Form der Wirbelkörper läßt sich sagen, daß bis zum 30ten Wirbel die Endflächen der Körper breiter als hoch sind. Der erste Schwanzwirbel fehlt.

Die Wirbel des hinteren Schwanzabschnittes von no gestatten es, die auf Grund des Fundes Aa und D gegebene Beschreibung des vorderen und mittleren Schwanzabschnittes zu ergänzen. Die hinteren Schwanzwirbel von no vom 32ten Wirbel ab sind nicht oder unbedeutend verdrückt. Allerdings fehlen den oberen Bögen die vorspringenden Zygapophysen durchgehends, und die den Postzygapophysen entsprechenden dornartigen hinteren Fortsätze meistens ganz oder größtenteils.

-Die gut erhaltenen Körper zeigen vom 32ten Wirbel an gestreckt säulenförmige Gestalt mit rundem Querschnitt, der meist etwas niedriger ist als breit, bei den hinteren Wirbeln aber auch z. T. ebenso hoch wie breit ist. Zum Vorder- und Hinterende des Körpers hin nimmt der Querschnitt erheblich zu. Die Endflächen des Körpers sind bei den vordersten Wirbeln dieser Endserie annähernd kreisförmig, z. T. etwas niedriger als hoch, und mit Andeutung quadratischen Umrisses, sie sind bei dem 31ten und 32ten Wirbel schwach konkav, bei den folgenden Wirbeln vielfach abweichend und unregelmäßig gestaltet; so ist beim 33ten Wirbel die vordere Endfläche plan, die hintere stark konvex, und derartige Unregelmäßigkeiten sind in mannigfaltiger Weise bis zu den letzten Wirbeln zu finden.

Der Neuralbogen wird bei den hinteren Wirbeln zunehmend kürzer und rückt dabei nach vorn; er hat dachförmigen, oben breitgerundeten Querschnitt und bildet hinten einen schwach nach unten gekrümmten, stabförmigen Fortsatz, an dem aber von den Postzygapophysenfacetten nichts deutlich zu erkennen ist. Bei den nachfolgenden Wirbeln wird der Neuralbogen und seine Ansatzfläche immer kürzer. Bei den hintersten stäbchenförmigen Wirbeln, von denen der 45te und 49te nur in ihren vorderen Hälften vorhanden sind, ist ein Neuralbogen nicht erhalten.

Die beigegebene Tabelle der Maße der Schwanzwirbel enthält von den vorderen 30 Wirbeln nur eine Auswahl von Wirbeln, deren Erhaltungszustand brauchbare Werte zu gewinnen erlaubte.

Schwanzwirbelsäule Fund p. Ein Satz von 11 nicht präparierten Schwanzwirbeln von der Basis des mittleren Sauriermergels eines nicht ausgewachsenen Tieres, von denen einer der vorder-

Maße der Schwanzwirbel von Fund no in cm.

Platz in der Schwanz- wirbel- säule	Länge des Körpers oben	Vorderende des Körpers		Hinterende des Körpers		Gesamt- höhe des Wirbels	Gesamt- breite des Wirbels
		Höhe	Breite	Höhe	Breite		
2	15,0 (±)	32,0 ±	35,9 ±	31,0 (±)	31,7 +	59,9	52,2
5	17,5	24,5	27,9	22,8 (±)	25,0 (±)		
7	17,7	21,8	26,6	20,8 ±	25,0 (±)	40,6 ±	40,2
8	16,5	20,0	24,3	20,8 (±)	22,8		35,5 (+)
10	16,6 (±)	18,0	17,7 (±)	21,2	21,5		
12	17,5 ±	17,5 +	21,7 -	17,2	20,6		
13		17,2				32,9	
15	16,9 (±)	15,8	19,1	17,3	20,6 -	27,8 +	18,0 (±)
19	18,3 ±	15,0	18,3 ±	18,8 ±	18,9 (±)	25,0	13,2 (±)
25	15,7	12,1 (±)	13,4 (±)	11,4	13,6	16,6 +	
27	16,3	11,4 (±)	12,6	10,9 (+)	11,9 (±)	17,3	
30	14,0 ±	9,6 ±		8,4 ±	9,9 (-)		
31				7,8	8,8	12,3 (±)	
32	12,2	8,0	8,5	7,3 ±	8,3	11,7	
33	11,4	7,5	8,5	6,6	7,3		
34	11,7	6,8	7,4	6,1	6,8	9,5	
35	10,9	6,0	6,5	5,9	6,5		
36	10,1	5,9	6,2	5,4	6,3	8,4 (+)	
37	10,6	5,4	6,0	6,1 (-)	6,1		
38	10,2	5,4	6,6 (+)	5,0	5,5		
39	9,8	5,3	5,5	5,1	5,7		
40	9,0	4,7	5,0	4,8			
41	8,6	4,7	4,2	4,0	4,3		
42		4,6	3,9				
43	7,8	4,4	4,2	4,1	4,1		
44	7,4 ±	3,7	3,9		4,2 ±		
45		4,3	3,9				
46	6,8 +	3,8	3,9	3,9	3,9		
47	7,4 ±	3,9	3,7	3,7	3,8		
48	6,9	3,6	3,4	3,5 ±	3,4		
49		3,1 (±)	2,9 (±)				
50	6,8	3,0	3,1	3,0	2,8		
51	6,2	2,9	2,8	2,7	2,7		

sten, vielleicht der zweite, eine vordere Endfläche von etwa 22 cm Breite und 19 cm Höhe, sowie 1,6 cm Länge hat, ist ausgezeichnet durch die recht starke Konkavität der vorderen Endfläche. Ein anderer Wirbel hat einen ebenfalls vorn stark konkaven Körper, der vorn 14 cm hoch und 17 cm breit sowie 13 cm lang ist. Dieses Längenmaß läßt auf ein nicht voll ausgewachsenes Tier schließen.

Schwanzwirbel von der Grabungsstelle St. Die vier vorliegenden Schwanzwirbel stammen von einem großen Tier, wahrscheinlich von demselben, von dem eine Hintergliedmasse mit einem 183 mm langen Femur (St 291) vorhanden ist. Die Wirbel sind unverdrückt, die Neura-pophysen fehlen bis auf die des zweitgrößten (St 272) oder sind unvollständig, auch die Präzygapophysen

sind es z. T. Die beiden größeren und die beiden kleineren müssen jeweils ihren Platz nahe beieinander gehabt haben und vielleicht sogar Nachbarn gewesen sein.

Alle Wirbel sind den entsprechenden von Schwanz Aa sehr ähnlich, aber ein wenig größer, ihre Endflächen verhältnismäßig breiter. Auffallend kräftig ist an den beiden kleineren Wirbeln ein horizontaler Grat auf der linken Wand des Körpers, 3–4 cm unterhalb des kurzen hakenförmigen Seitenfortsatzes, während rechts ein solcher nur angedeutet ist. Die an dem einen Wirbel erhaltene Neurapophyse ist ein wenig länger und höher als bei entsprechenden Wirbeln von Aa. Auf Grund des Vergleiches der Seitenfortsätze mit denen von Aa dürften die Wirbel als der 8te, 9te, 11te und 12te Schwanzwirbel anzusehen sein.

Schwanzwirbel von der Grabungsstelle dd. Die Grabungsstelle hat außer Rumpfwirbeln auch 14 vielfach infolge Formverzerrung ungünstig erhaltene Schwanzwirbel geliefert. Sie gehörten ihren Maßen nach einem nicht ausgewachsenen Tier an und stammen aus der vorderen, mittleren und hinteren Region des Schwanzes, doch fehlen solche aus dem vordersten und letzten Abschnitt. Bei den drei größten Wirbeln sind die Seitenfortsätze abgelöst und haben tief einspringende Nahtflächen mit grobstrahliger Skulptur freigelegt. Auch der ganze Neuralbogen hat sich an drei großen Wirbeln abgetrennt. Die mäßige Größe des Tieres geht aus der Länge der vorderen Wirbelkörper mit durchschnittlich etwa $13\frac{1}{2}$ cm hervor. Die vorderen Wirbel haben ziemlich hohen Umriß der Endflächen, während bei den mittleren Wirbeln stark breit-elliptische Endflächen auftreten, auch noch bei ziemlich kleinen Wirbeln. Die Neuralbögen und die Neurapophysen stimmen mit denen von Aa gut überein.

Schwanzwirbel Fund Y. Ein 121 mm langer Schwanzwirbel mit unvollständigem Neuralbogen aus dem mittleren Sauriermergel von Kindope hat eine 10,6 cm breite und 8,7 cm hohe hintere Endfläche, ihr Umriß ist also verhältnismäßig breit und niedrig. Ein anderer 7,8 cm langer Schwanzwirbel hat eine 4,7 cm breite und 4,0 cm hohe hintere Endfläche, der Umriß ist also verhältnismäßig höher.

Schwanzwirbel Fund Gl. Die Fundstelle Gl im mittleren Sauriermergel hat ausgewitterte Reste eines *Brachiosaurus* geliefert, Teile von Gliedmaßenknochen und Wirbelkörper aus verschiedenen Regionen des Schwanzes. Unter 15 ganzen und 6 halben Wirbelkörpern erweist sich ein solcher (Gl 4) mit reichlich 25 cm Höhe der hinteren Endfläche durch seine außerordentlich breite Ventralfläche als zweiter Schwanzwirbel. Er besitzt in Übereinstimmung mit den Schwänzen Aa und D eine kleine seitliche Grube, die aber viel deutlicher ausgebildet ist. Die Endflächen sind, wie sich trotz unvollständiger Erhaltung feststellen läßt, merklich breiter als hoch. Ein anderer vorderer Wirbelkörper erreicht vorn und hinten eine Breite von 28 cm bei etwa 23 cm vorderer Höhe und etwa 16 cm Länge. Die Wirbel aus dem mittleren und hinteren Teil des Schwanzes zeichnen sich durch besonders niedrigen, breiten Umriß der Endflächen aus. So ist an einem Wirbelkörper die vordere Endfläche etwa 16 cm breit und 11 cm hoch, an einem anderen die hintere Endfläche 12,7 cm breit und 9,0 cm hoch, eine andere Endfläche 7,2 cm breit und nur 5,2 cm hoch.

Vergleich der verschiedenen Funde von Schwanzwirbeln.

Die in den Tabellen wiedergegebenen Messungen zeigen, daß, abgesehen von den allervordersten Schwanzwirbeln, die Länge des Körpers bis etwa zum 22ten oder 27ten Wirbel annähernd gleich bleibt. Sie beträgt im Durchschnitt bei Aa 16 cm, bei D 12,7 cm, bei no ergeben die als einigermaßen zuver-

lässig anzusehenden Maßzahlen einen Durchschnittswert von $17\frac{1}{4}$ bis $17\frac{1}{2}$ cm; unter den kurzen Serien von Schwanzwirbeln fand sich ein solcher von 13,5 cm bei dd, von 15,5 cm bei St, von 15,9 cm bei Gl, für p ist etwa 13,5 cm anzunehmen. Diese Durchschnittslängen in Beziehung zu setzen zur Länge eines zugehörigen Gliedmaßenknochens ist nur bei D und Aa möglich, für die zum Vergleich die Länge des Humerus mit 160 cm für D und 172 cm für Aa verfügbar ist. Die Verhältniszahlen fallen für beide Fälle recht verschieden aus: Wirbelkörperlänge verhält sich zur Humeruslänge bei Aa wie 1 : 10,8, bei D wie 1 : 12,6. Messungen an mehr Material wären erforderlich, um festzustellen, ob vielleicht bei kleineren, jüngeren Tieren die Wirbel verhältnismäßig kürzer sind als bei größeren älteren.

Bei einem Vergleich der Maßverhältnisse der Wirbelkörper der verschiedenen Schwanzwirbelsäulen bleiben die der vorderen Schwanzhälfte von no wegen ihrer Formverzerrungen außer Betracht. Die vorderen Wirbelkörper von Aa, D und Gl haben recht ähnlichen, von der Kreisform nicht weit abweichenden Umriss, wenn berücksichtigt wird, daß sie bei D offenbar etwas niedergedrückt sind. Der erste Wirbel von D ist ventral viel breiter als bei Aa. In einem größeren Schwanzabschnitt, etwa vom 10ten Wirbel ab, werden die Umrisse der Endflächen bei Aa viel breiter, während sich das bei D erst später, hauptsächlich erst nach dem 20ten Wirbel, zeigt, und dann auch in geringerem Grade. Die wenigen Körper mittlerer Schwanzwirbel von Gl weisen besonders breite Endflächen auf. Die Endflächen der Wirbelkörper des hinteren Schwanzteiles haben Umrisse, die sich wieder meist der Kreisform nähern, doch treten gerade bei ihnen auch starke Unregelmäßigkeiten ihrer Form auf. Es kann sehr wohl sein, daß die größere relative Breite der Wirbelkörper mit größerem Lebensalter zusammenhängt und nicht eine bloße individuelle Variante darstellt. Bemerkenswert verschieden ist auch die relative Länge bei vorderen Schwanzwirbeln. Der nicht beschriebene Wirbel J 40 aus dem oberen Sauriermergel, der als zweiter oder dritter anzusehen ist, ist etwa in halber Höhe des Körpers nicht ganz 13 cm lang, während Gl 4, ein zweiter Schwanzwirbel, etwa 16 cm lang ist, obwohl die Größe der Endflächen des Körpers bei beiden nicht erheblich verschieden ist. Die vordersten Wirbel von D sind bei wesentlich geringerer Größe der Endflächen des Körpers fast ebenso lang wie bei J 40, unten sogar länger. Bei Aa sind die ersten Schwanzwirbel wieder absolut und relativ etwas länger als bei D, bei ziemlich gleich großen Endflächen. Daß etwa die Tiere aus dem oberen Sauriermergel (D, J, no) durch Kürze der vordersten Schwanzwirbel vor denen aus dem mittleren Sauriermergel (Gl, Aa, p) ausgezeichnet sind, und die Schlußfolgerung, daß die Verschiedenheit der Wirbellänge zwei verschiedene Arten von *Brachiosaurus* in den beiden Horizonten anzeige, wird durch die Messungen keineswegs wahrscheinlich gemacht. Außer in den äußeren Maßverhältnissen der Wirbelkörper schwankt auch der Grad der Konkavität der Endflächen etwas. Ziemlich auffällig sind Verschiedenheiten der Neurapophyse; sie kann bei vorderen Schwanzwirbeln durchgehends plattig sein, oder sich mehr oder weniger nach oben kolbig verdicken. Dieser letzte Unterschied scheint mit verschiedenem Lebensalter zusammenzuhängen; mit dem Alter werden die Neurapophysen dicker. Wie bereits erwähnt, sind die Seitenfortsätze bei D, abgesehen vom ersten Schwanzwirbel, erheblich schwächer als bei Aa.

Es erscheint nicht ausgeschlossen, daß sich unter den angegebenen Formunterschieden neben individuellen Variationen auch solche befinden, die Geschlechtsmerkmale darstellen, eine Deutung, die vielleicht besonders für die Verschiedenheit der relativen Länge und des Umrisses der vordersten Wirbelkörper in Frage kommt.

Der wichtige Einzelfund eines großen Sauropoden-Schwanzwirbelkörpers, den E. HENNIG vom Kikomela-Hang am Austritt des Namgarus aus dem Kreidetafelland bei seiner letzten Expedition er-

beutete und freundlicherweise der Berliner Tendaguru-Sammlung überwies, ist hier besonders zu erwähnen, da er nach Frh. v. HUENE (E. HENNIG 1937, S. 119) einem Titanosaurier angehören könnte. Diese Deutung hat sich nicht bestätigt. Der Wirbelkörper, der Endflächen von etwa 22 cm Breite und fast gleicher Höhe besitzt und etwa 14 cm lang ist, stimmt durchaus mit vordersten Schwanzwirbeln von *Brachiosaurus brancai* überein; die erhebliche Konkavität der vorderen Endfläche fällt nicht aus dem Rahmen der sonst beobachteten Formschwankungen heraus.

Länge der einzelnen Abschnitte der Wirbelsäule.

Die Längen der verschiedenen Abschnitte der Wirbelsäule können mit den Beträgen angegeben werden, die sich an der Skelettrekonstruktion bei der Montierung der von Herrn Oberpräparator E. SIEGERT mit großer Sorgfalt modellierten präsakralen und sakralen Wirbel, sowie der Schwanzwirbelsäule ergaben. Die Beträge sind etwas größer, als die Summe der Länge der einzelnen Wirbel ergeben würde, da zwischen diese entsprechend der mutmaßlichen Dicke der Zwischenwirbelscheiben kleine Abstände einzuschalten waren. Die Länge entlang dem Neuralkanal ist beim Hals 878 cm, beim Rumpf 392 cm, beim Sakrum 107 cm und beim Schwanz 736 ohne die vier letzten modellierten Stäbchenwirbel mit zusammen 26 cm Länge. Es ergibt sich eine Gesamtlänge von 2113 cm. Eine Messung am Skelett entlang den Enden der Neurapophysen lieferte einen merklich höheren Wert, nämlich 2137 cm. Die stärkeren Krümmungen dieser Linie genügen, um den Unterschied zu erklären.

Kennzeichnung der Wirbelsäule von *Brachiosaurus*.

Der Vergleich mit anderen Sauropoden läßt die kennzeichnenden Merkmale der Wirbelsäule von *Brachiosaurus* hervortreten. Die präsakralen Wirbel sind hochgradig kavernös konstruiert. Sie besitzen tief einspringende Nischen (Außenkavernen), vielfach Leistenbildung zweiten Grades, also eine sehr komplizierte Architektur. Die Pleurocöle sind umfangreich und tief. Die Halswirbel sind, abgesehen von den ersten und letzten, sehr stark gestreckt. Die höchstwahrscheinlich durchgehends ungespaltenen Neurapophysen sind im hinteren Rumpf ziemlich niedrig und nehmen vom Sakrum aus an Höhe bis vor die Rumpfmittle zu. Mit ihnen zugleich verlängern sich die Diapophysen bis zum 17ten Präsakralwirbel zu bedeutender Länge. Am Sakrum ist bezeichnend, daß sich die Seitenfortsätze verhältnismäßig weit nach lateral erstrecken, der erste ist besonders umfangreich, die Neurapophysen sind wie bei den vorhergehenden Rumpfwirbeln niedrig. Die Schwanzwirbel sind im Gegensatz zu den Präsakralwirbeln einfach gebaut, ihre Körper mehr oder weniger deutlich bikonkav, verhältnismäßig kurz, im mittleren Schwanzabschnitt nicht verlängert, ohne oder höchstens mit nur ganz untergeordnet auftretenden seitlichen Längskanten. Eine pleurocölähnliche Vertiefung ist allein beim zweiten Schwanzwirbel angedeutet. Die Seitenfortsätze sind auch bei den ersten Wirbeln schwach entwickelt. Die Neurapophysen sind ziemlich niedrig, plattig, auch bei den vorderen Schwanzwirbeln, sie werden anscheinend bei diesen im Alter etwas kolbig.

Funktion der Gelenkverbindungen.

Die Biegunsmöglichkeiten in der Halswirbelsäule von *Brachiosaurus* lassen sich an dem untersuchten Material nicht vollständig beurteilen, da die Zygapophysen an den hinteren Hals- und den vordersten Rumpfwirbeln nicht erhalten sind.

Die Bewegung zwischen Hinterhauptskondylus und Atlas und zwischen Atlas und Epistropheus war sicherlich vielseitig; wie bei lebenden Reptilien und Vögeln war gewiß außer lateraler und sagittaler Biegung auch Drehung möglich. In welchem Grade jede dieser Bewegungen an jeder der beiden Verbindungsstellen ausgeführt wurde, ist an den fossilen Wirbeln nicht festzustellen. Die morphologische Gestaltung gestattet an diesen beiden Stellen so weitgehende und vielseitige Bewegungsmöglichkeiten, wie sie im Leben fraglos nicht bestanden; die Einengung und Ausrichtung dieser Beweglichkeit durch Band- und Muskelverbindungen läßt sich nicht rekonstruieren.

Die Zygapophysenverbindung, die zwischen dem Atlas und Epistropheus besteht, weist Gelenkfacetten auf, die recht genau in eine Kugelfläche fallen, und somit, im Gegensatz zu den Gelenkphysen aller übrigen Wirbel, vielseitigste Gelenkbewegungen gestatten. Daß diese aus dem morphologischen Befund zu folgernde Vielseitigkeit im Leben wirklich stark ausgenutzt wurde, erscheint keineswegs sicher angesichts der Tatsache, daß nach der Beschreibung C.W. GILMORES (1936, Fig. 6) bei dem *Apatosaurus louisae* des Carnegie-Museums Atlas und Epistropheus unbeweglich verwachsen waren.

Bei den auf den Epistropheus folgenden Halswirbeln erlaubten die steilgestellten Facetten der Zygapophysen nur eine sagittale Beugung; eine laterale Biegung zwischen benachbarten Wirbeln des mittleren Halsabschnittes ist noch zusätzlich durch die oben geschilderte besondere Verbiegung der Facetten ausgeschaltet. Bei den Wirbeln in der Gegend des Überganges vom Hals zum Rumpf, deren Zygapophysen nicht erhalten sind, ist nach Analogie mit anderen Sauropoden eine gewisse laterale Biegunsfähigkeit anzunehmen, da es höchst unwahrscheinlich ist, daß eine seitliche Biegung des Halses völlig ausgeschlossen war.

Eine Gliederung des Halses in drei nach ihrer Biegunsmöglichkeit verschiedene Abschnitte, wie sie I. BOAS (1929) für die Mehrzahl der lebenden Vögel feststellen konnte, läßt sich für die Sauropoden aus dem Bau der Gelenkverbindungen der Halswirbel nicht wahrscheinlich machen. Die Bewegungsart des Halses beim afrikanischen Strauß weist als eine Ausnahme jene Dreigliederung im Halse nicht auf, vielmehr ist bei ihm im ganzen Verlauf des Halses eine gleichartige, nach ventral und nach dorsal gerichtete Biegung möglich.

Der Hals von *Brachiosaurus* war sicherlich viel weniger beweglich und biegsam, als der vom Strauß; der Kopf muß auch abweichend gesenkt und gehoben worden sein. Beim Strauß wird der Kopf in sehr charakteristischer Weise in gleichbleibender Haltung nach oben und unten geführt, letzteres bis zu einem gewissen Abstand vom Boden. Beim Senken des Kopfes wird zunächst der untere Halsabschnitt nach abwärts gekrümmt, und diese Krümmung wandert dann immer weiter kopfwärts, dementsprechend verkürzt sich der gestreckte, senkrechte obere Abschnitt des Halses. Diese Art der Kopfbewegung erfordert eine starke Biegunsfähigkeit an jeder Stelle des Halses und eine große Zahl von Wirbeln und damit biegunsfähigen Gelenkstellen. Bei dem durch die langen Halsrippen versteiften Hals von *Brachiosaurus* kann eine ähnliche Art der Kopfführung bestenfalls angedeutet gewesen sein; in der Hauptsache wird vielmehr der Kopf durch Auf- und Abschnellen des ganzen Halses gehoben und gesenkt worden sein.

Bei den mittleren und hinteren Rumpfwirbeln vom 16ten ab ist bei *Brachiosaurus*, wie auch sonst bei den Sauropoden, die Zygapophysengelenkung durch die Ausbildung eines Zygosphen gekennzeichnet, das eine laterale Biegung ausschaltete und nur eine sagittale zuließ. Im Vorderrumpf sind beim 16ten PrW die Präzygapophysen erheblich voneinander entfernt, und wenn deshalb für den vorhergehenden Wirbel auch kein typisches schmales Zygosphen anzunehmen ist, so läßt sich doch aus der einem Zygosphen angepaßten gewinkelten Facette an den Präzygapophysen des 16ten PrW schließen, daß auch zwischen dem 15ten und 16ten Wirbel eine wirkliche laterale Biegung kaum möglich war.

Auch bei den vordersten Schwanzwirbeln war nur sagittale Biegung möglich, da die umfangreichen, sehr steil gestellten Facetten der Zygapophysen eine laterale Biegung nicht zuließen. Bei den recht kleinen Zygapophysenfacetten der später folgenden Wirbel — schon vom 5ten Schwanzwirbel (Skelett Aa) ab verkleinern sie sich auffallend — mag immerhin eine unbedeutende laterale Biegungsfähigkeit vorhanden gewesen sein. Jedenfalls war bis in die Schwanzmitte die Wirbelsäule in erster Linie nur sagittal biegsam. Dagegen wurde bei den hinteren Wirbeln laterale Beugung durch die Zygapophysen nur in geringem Grade oder überhaupt nicht gehemmt.

Bandverbindungen zwischen den Wirbeln.

Die Neurapophysen der Halswirbel endigen, wie für die Reihe der Wirbel vom 3ten bis zum 8ten nachgewiesen ist, in einer mehr oder weniger knopfartigen Verdickung. Diese ist so stark ausgebildet, daß anzunehmen ist, daß sie einem kräftig entwickelten *supraspinalen Ligament* zum Ansatz diene, welches die einzelnen Wirbel miteinander verband und wahrscheinlich bis zum Sakrum reichte, um sich weiterhin über die Schwanzwirbel fortzusetzen. Dieses Ligament wird die Aufgabe gehabt haben, den Hals in seiner normalen, steil aufrecht gerichteten Stellung zu halten und zu tragen und dadurch die Halsmuskulatur zu entlasten. Zugleich wird ein solches Ligament die Beugung des Halses in sagittaler Richtung in gewissem Maße gebremst und erschwert haben, da die die Biegung des Halses bewirkende Muskulatur den Widerstand des Ligamentes gegen Dehnung zu überwinden hatte. Ob im hintersten Halsabschnitt und im vorderen Teil des Rumpfes die Verbindung der Neurapophysen durch das supraspinale Ligament schwächer war, als in den übrigen Abschnitten der präsakralen Wirbelsäule und dadurch dort die Biegungsfähigkeit gesteigert war, ist infolge der unvollständigen Erhaltung nicht festzustellen; ausgeschlossen erscheint das keineswegs. Die Konstruktion der Neurapophyse und des supraspinalen Ligamentes weicht sehr ab von den Verhältnissen bei den Sauropoden mit gegabelten Neurapophysen, insbesondere bei dem in diesem Punkte am weitgehendsten spezialisierten *Dicraeosaurus*, für den ich (JANENSCH 1929) die Bandverbindungen zwischen den präsakralen Wirbeln zu rekonstruieren versuchte. Ich gelangte zu der Vorstellung, daß im Bereich der Wirbel mit geteilten Neurapophysen zwischen den Gabelästen ein Nackenband verlief, von dem aus zu einzelnen Wirbeln besondere Zugänge sich nach unten abzweigten und sich im Grunde zwischen den Gabelästen anhefteten. Ein derartig gestaltetes Nackenband kann für die Sauropoden mit ungeteilter Neurapophyse, also auch für *Brachiosaurus*, nicht rekonstruiert werden. Es liegt auf der Hand, daß ein durchziehendes supraspinales Band, das in erheblichem Abstand über den in den Wirbelkörpercondylen befindlichen Drehpunkten verlief, die Biegungsfähigkeit der Halswirbelsäule in weit höherem Maße

hemmte als ein Nackenband, das sich mittels seiner Zugänge tief zwischen den Gabelästen der Neurapophyse dicht über dem Neuralkanal befestigte.

Außer dem supraspinalen Ligament hat gewiß die Neurapophysen der Rumpfwirbel ein *i n t e r s p i n a l e s* L i g a m e n t verbunden, das sich zwischen der Präspinalleiste eines Wirbels und der Postspinalleiste des Vorgängers ausspannte und dadurch in einzelne intervertebrale Abschnitte zerlegt war. Dieses interspinale Ligament konnte, wie der Fall der beiden letzten Präsakralwirbel von Skelett SII zeigt, fast vollständig verknöchern.

Über Muskeln der Wirbelsäule.

Der Ansatz von Muskeln oder Sehnen macht sich an den präsakralen Wirbeln nur in geringem Grade bemerkbar. Der an sich stets schwierige Versuch, die Wirbelmuskulatur zu rekonstruieren, kann daher für *Brachiosaurus* und wohl überhaupt für die Sauropoden nur wenig sichere Ergebnisse erwarten lassen. Daher soll neben dem, was in dem Kapitel über die funktionelle Bedeutung der Halsrippen über die mit diesen verbundenen Muskeln ausgeführt wird, hier nur noch auf wenige Punkte hingewiesen werden. Die wirklich deutlichen Ansatzpunkte, die die Processus dorsales über den Postzygapophysen darstellen, dienen, wie Boas (1929) darlegt, bei den Vögeln wichtigen, dorsal verlaufenden Muskeln zur Insertion; es sind dies der M. spinalis, der mit den Mm. biventer, pygmaei und splenii eine gemeinsame Gruppe bildet und an den Dornfortsätzen entspringen, und die Mm. ascendentes cervicis, Dorsalbeuger, die an den sogenannten Knopffortsätzen entspringen, die neben der Präzygapophyse sitzen, bei den Sauropoden jedoch nicht vorkommen. Aus dem Fehlen derartiger Knopffortsätze oder Entsprechender andersartig ausgeprägter Ansatzstellen darf wohl geschlossen werden, daß jene Halsbeugemuskeln wenn überhaupt vorhanden, so doch weit schwächer ausgebildet waren, als bei den Vögeln.

Fragt man, womit der Raum zwischen den Ansa benachbarter Wirbel und der Räume innerhalb der einzelnen Ansa, die Fo. transversaria, ausgefüllt waren, so gibt von der hier zu vermutenden Muskulatur gleichfalls die Darstellung von Boas eine Anschauung. Er nennt hier die Mm. intertransversarii, die am Vorderrand der Ansa entspringen und sich an der Außenseite der Ansa des vorhergehenden Wirbels anheften, ferner die Mm. inclusi, speziell ausgebildete Teile der Mm. intertransversarii, die am Vorder- und Unterrand der Ansa entspringen und sich an die Seiten des Neuralbogens des vorhergehenden Wirbels anheften. Man kann vermuten, daß die Räume zwischen und innerhalb der Ansa der Sauropoden neben der Arteria vertebralis und etwaigen anderen Gefäßen sowie Nerven, Muskeln nach Art der genannten enthielten. Es ist aber schwierig, sich vorzustellen, daß auf diese Weise jene bei *Brachiosaurus* und namentlich bei *Apatosaurus* sehr umfangreichen Räume der Fo. transversaria voll ausgefüllt waren; dazu hätte eine außerordentlich massige Muskulatur gehört, die den Hals überaus schwer gemacht hätte. Da ich die präsakralen Wirbel der Sauropoden mit Pleurocölen als pneumatisiert ansehe, halte ich es vielmehr für wahrscheinlich, daß die weiten Räume innerhalb und zwischen den Ansa, wie bei den Vögeln, auch Luftsäcke enthielten, die vielleicht sehr umfangreich sein konnten.

Vergleich der Wirbelsäule von *Brachiosaurus brancai* mit der anderer Sauropoden.

Die Rumpfwirbel des afrikanischen *Brachiosaurus brancai* stimmen weitgehend mit denen von *Br. altithorax* überein, von dem die sieben hinteren von RIGGS (1904) aus den Morrisonschichten Nordamerikas beschrieben wurden. Bei beiden Arten weisen die Wirbel umfangreiche pleurocentrale Höhlungen sowie ungeteilte, dorsal verbreiterte Neurapophysen auf, die bei den hinteren Rumpfwirbeln verhältnismäßig niedrig sind, aber vom Sakrum bis vor die Rumpfmittle höher werden; dazu kommen horizontal oder fast horizontal gestellte Diapophysen, die vor der Rumpfmittle von erheblicher Länge sind. Das beträchtliche Höherwerden der Neurapophysen vom Sakrum bis vor die Rumpfmittle ist ein Merkmal, das in ähnlicher Weise bei keiner anderen Sauropodengattung gefunden ist, es ist also für *Brachiosaurus* besonders bezeichnend. Es sind aber auch Unterschiede zwischen beiden Arten festzustellen, die die allgemeine Form betreffen. So sind die Wirbelkörper der Rumpfwirbel bei *B. altithorax* merklich länger. Bei *B. brancai* sind beim wahrscheinlich achtletzten Präsakralwirbel die Neurapophyse und der ganze Wirbel höher und die Diapophysen länger als beim siebentletzten Präsakralwirbel von *B. altithorax*. Allerdings könnten sich diese Unterschiede als kleiner erweisen oder vielleicht sogar verschwinden, wenn Wirbel gleichen Platzes verglichen werden könnten. Da die Wirbelsäule der amerikanischen Art mit nach oben gerichteten Wirbelkörpern im Gestein eingebettet war, so wäre vielleicht auch mit der Möglichkeit zu rechnen, daß die Höhe der Wirbel durch Gebirgsdruck vermindert worden ist. Die angegebenen Unterschiede sind aber auf keinen Fall so groß, daß sie die generische Zusammengehörigkeit der beiden Arten ausschließen müßten.

Vergleichen wir die präsakralen Wirbel von *Brachiosaurus* mit denen anderer Sauropoden-Gattungen, so zeigt sich bei aller Mannigfaltigkeit, daß im Aufbau des Neuralbogens und seiner Fortsätze die durch die Gleichartigkeit der mechanischen Funktion bedingte Übereinstimmung im Charakter des Leistensystems in vielen Punkten erhebliche Ähnlichkeit bewirkt hat. Das gilt auch besonders für die Halswirbel dann, wenn sie bei verglichenen Gattungen ähnliche Größenverhältnisse, vor allem ähnlichen Grad der Streckung aufweisen. Außer den allgemeinen Größenverhältnissen ist vor allem die Gestaltung der Neurapophyse, namentlich die Bifidie oder deren Fehlen, kennzeichnend. Der Umfang und die Tiefe der pleurocentralen Gruben liefern weiterhin Unterschiede, die zu beachten sind.

Zunächst sollen solche Gattungen verglichen werden, die durchgehends nicht gegabelte Neurapophysen besitzen, wie sie für *Brachiosaurus* anzunehmen sind.

Als ziemlich gut bekannte Gattung mit ungeteilten Neurapophysen verdient *Haplacanthosaurus* eine genauere Betrachtung. HATCHER (1903) beschrieb zwei die Wirbelsäule umfassende Funde als zwei Arten, doch scheint mir eine artliche Trennung nicht berechtigt. Im Wirbelkörper weichen die Rumpfwirbel von denen von *Brachiosaurus* durch fast völligen Mangel eines vorderen Condylus und meist kleinere pleurozentrale Höhlung ab. Die Neurapophyse ist auch im mittleren Rumpfabschnitt nicht höher als im hinteren, die Halswirbel sind viel weniger gestreckt; bei allen präsakralen Wirbeln ist die Knochensparung, die Ausarbeitung sekundärer Leisten und die Kavernosität offenbar weit schwächer, woran aber auch im gewissen Grade die bedeutend geringere Größenordnung schuld sein kann. Ferner wies RIGGS bereits darauf hin, daß sich *Brachiosaurus* durch stärker entwickelte Hyposphengelenkung, größere Dünnwandigkeit und größere Länge des Rumpfwirbelkörpers auszeichnet, während bei *Haplacanthosaurus* die Sockel des Neuralbogens („vertebral pedicles“) stärker überhöht

und die Diapophysen schräg nach oben gerichtet sind. Einen Unterschied gegenüber *Brachiosaurus* bedeutet die Zahl der Präsakralwirbel, die bei *Haplacanthosaurus* höher war. Allerdings sehe ich ebenso wie Frhr. v. HUENE, die von HATCHER angenommene Zahl von 29 Präsakralwirbeln als zu hoch an; bei der Interpolation nicht erhaltener Wirbel hat er gewiß mit einer zu allmählichen Form- und Größenänderung in der Wirbellücke gerechnet. Die von Frhr. v. HUENE (1927–1929) angenommene Formel von 13 Hals- und 12 Rumpfwirbeln erscheint mir als niedrigste mögliche Zahl, die man aus den Abbildungen HATCHERS erschließen könnte. Daß bei den Sauropoden auch höhere Zahlen präsakraler Wirbel auftreten können, beweist der *Helopus* aus Schantung, bei dem C. WIMAN (1929) 32 Präsakralwirbel annimmt, bei allerdings nur 3 Sakralwirbeln; rechnet man einen Dorsalsakralwirbel ab, so verbleiben 31 echte Präsakralwirbel. *Haplacanthosaurus* besaß infolge der geringen Länge der Halswirbel einen verhältnismäßig kurzen Hals, der eine wesentlich abweichende äußere Erscheinung des ganzen Tieres bedingte. Die genannten Unterschiede bedeuten recht verschiedenartige Spezialisierungen, die zumeist gegen direkte nahe Verwandtschaft beider Gattungen sprechen.

Die nur in wenigen Teilstücken sehr unvollständig bekannte Wirbelsäule der Gattung *Elosaurus* (PETERSON u. GILMORE 1902) aus den Morrison-Schichten weist an Hals- und Rumpfwirbeln ungeteilte Neurapophysen auf. Es handelt sich aber um ein so jugendliches Tier, daß ein Vergleich mit ausgewachsenen Individuen anderer Gattungen nur sehr unzulänglich durchführbar ist.

Unter den englischen Sauropoden sei als erster *Cetiosaurus oxoniensis* PHILLIPS aus dem great Oolite von Oxford verglichen; er weicht nach den von Frhr. v. HUENE (1927) gegebenen Abbildungen im Bau der Rückenwirbel von *Brachiosaurus* dadurch ab, daß die Diapophysen ziemlich steil nach lateral ansteigen. Die niedrige, ungeteilte Gestalt der Neurapophyse ist vergleichbar mit der bei *Brachiosaurus*. Wenn die von Frhr. v. HUENE abgebildeten wesentlich größeren vorderen Schwanzwirbel gleichfalls zur selben Gattung gehören, so würde sie durch deren umfangreiche hohe Seitenfortsätze (Schwanzrippen) erheblich verschieden sein. Dagegen sind die als mittlere Schwanzwirbel bezeichneten denen von *Brachiosaurus* nach Gesamtform und Art der Seitenfortsätze recht ähnlich. Die von Frhr. v. HUENE (1932) angegebenen Merkmale, die nicht kavernösen, nur schwache pleurozentrale Einbuchtungen aufweisenden Körper der Rückenwirbel, die dicken Stützstreben, sind gewichtige Abweichungen von *Brachiosaurus*. Anschließend betrachtet werde hier der früher auch zu *Cetiosaurus* gestellte, später von Frhr. v. HUENE (1927) zu der besonderen Gattung *Cetiosauriscus* gerechnete *C. leedsii* (HULKE) (A. S. WOODWARD 1905) aus dem Oxfordton von Peterborough. Von den präsakralen Wirbeln ist allerdings nur der hinterste Rumpfwirbel unvollständig bekannt. Auch wenn man annehmen würde, daß die auffallende Kürze des Wirbelkörpers auf Verdrückung beruht, weicht diese schon durch das hochgelegene, kleine, runde Pleurocöl so weitgehend von *Brachiosaurus* ab, daß engere Beziehungen zwischen den beiden Gattungen nicht anzunehmen sind.

Von den mit der Gattungsbezeichnung *Bothriospondylus* von OWEN (1875) aus den Kimmeridge Englands bekannt gemachten Arten sind die als *B. suffosus* beschriebenen und abgebildeten Wirbelkörper aus der dorsalen und sakralen Region in bezug auf Zusammengehörigkeit zu unsicher zu beurteilen, z. T. stammen sie nicht von Sauropoden. Das gleiche gilt wahrscheinlich auch für den viel größeren Rumpfwirbelkörper aus dem Forest Marble von Bradford. Die Rumpfwirbelkörper aus dem Wealden, die R. OWEN (1875) *Bothriospondylus elongatus* und *magnus* nennt, sind unzweifelhaft solche von Sauropoden; daß sie zu Formen gehören, die Beziehung zu *Brachiosaurus* haben, ist nicht ersichtlich und auch wegen der Unvollständigkeit der Stücke nicht zu klären.

Für den Vergleich wertvoller sind dagegen die gleichfalls aus dem englischen Wealden stammenden präsakralen Wirbel, die J.W. HULKE (1880) mit dem SEELEYSCHEN Gattungsnamen *Ornithopsis* abbildet und die nach Frhr. v. HUENE als *Pelorosaurus hulkei* SEELEY zu bezeichnen sind. Zwei der drei Halswirbel sind recht kurz und ziemlich hoch gebaut, ihre Zygapophysen sind weit kräftiger, die ganze Außenskulptur viel gröber, als bei *Brachiosaurus*. Die bei keinem dieser Wirbel vollständig erhaltene Neurapophyse ist jedenfalls nicht tief bifid, ob sie ganz ungespalten gewesen war, ist nicht sicher zu beurteilen. An dem dritten, unvollständigen Halswirbel, der viel länger gestreckt ist und, falls er mit den anderen beiden zur gleichen Art gehört, an anderer Stelle im Hals seinen Platz gehabt haben muß, zeigt die Ventralfläche im mittleren Abschnitt nicht die starke Verschmälerung, wie *Brachiosaurus*. Alle drei Halswirbel weichen somit von denen von *Brachiosaurus* erheblich ab, so daß engere Beziehungen zu diesem schwerlich anzunehmen sind. Der Rückenwirbel, den J.W. HULKE (1880 Taf. 4, Fig. 5 bis 7) abbildet, zeigt demgegenüber recht bedeutende Ähnlichkeit mit den hinteren Rückenwirbeln von *Brachiosaurus*. Das gilt für den Aufbau des Leistensystems, aber auch besonders für die Gestalt der Neurapophyse, auch die mediane Längskante auf der Ventralfläche des Wirbelkörpers wird von HULKE angegeben. Als einziger nennenswerter Unterschied ist anzuführen, daß die Diapophysen weniger nach lateral vorragen, das scheint mir nicht sehr schwer zu wiegen. Die Ähnlichkeit ist sonst so groß, daß eine generische Zusammengehörigkeit nicht ausgeschlossen erscheint. Falls die besprochenen, von HULKE beschriebenen Halswirbel zur gleichen Art gehören wie der Rückenwirbel, wäre allerdings die Zugehörigkeit zur gleichen Gattung weniger wahrscheinlich.

Erwähnt seien weiter einige Wirbel anderer Fundgegenden, die auch unter englischen Gattungsnamen bekannt geworden sind. Unter den Sauropodenresten aus den unteren *Virgula*-Schichten von Moutier (Schweiz), die Frhr. v. HUENE (1922) als *Ornithopsis? greppini* ausführlich beschreibt, später (1932, S. 255) als fraglich zu *Cetiosauriscus* gehörig bezeichnet, befinden sich keine präsakralen Wirbel, wohl aber in dem Material von *Bothriospondylus madagascariensis* LYDEKKER aus dem mittleren Jura von Madagaskar. A.THEVENIN (1907) bildet einen Halswirbel und einen vorderen und einen hinteren Rumpfwirbel ab, von denen die beiden letzteren von zwei verschiedenen großen Individuen der gleichen Art, wenn nicht überhaupt von verschiedenen Arten oder sogar Gattungen stammen. Diesen Wirbeln fehlt der Neuralbogen ganz oder größtenteils. Der vordere Rumpfwirbel hat offenbar eine sehr umfangreiche pleurozentrale Grube, während diese bei den hinteren Rumpfwirbeln, ganz abweichend von *Brachiosaurus*, sehr klein und hoch gelegen ist. Aber auch der Halswirbel und der vordere Rumpfwirbel erlauben in ihrer Unvollständigkeit nicht, Ähnlichkeiten und Beziehungen zu *Brachiosaurus* festzustellen.

Die Gattung *Torniera* (= *Gigantosaurus* E. FRAAS) aus den Tendaguru-Schichten besitzt offenbar keine bifiden Neurapophysen. Die sehr kurzen vorderen Rumpfwirbel mit ihrer reduzierten Neurapophyse und den gewaltigen Diapophysen, die an die der Titanosaurier erinnernden stark konkav-konvexen Schwanzwirbel zeigen gegenüber *Brachiosaurus* gänzlich abweichende Spezialisierungen.

Eine durchgehends ungeteilte Neurapophyse konnte Frhr. v. HUENE (1929) bei dem südamerikanischen jungcretacischen *Titanosaurus australis* LYDEKKER feststellen. Sonst weichen aber dessen präsakrale Wirbel weit ab von denen von *Brachiosaurus*, da die Halswirbel hoch gebaut und im Vergleich zu den Rumpfwirbeln verhältnismäßig kurz sind, die Rumpfwirbel stark vorragenden Condylus haben, und die ganze Architektur weit weniger tief ausgearbeitete Streben und Einhöhungen zeigt. Daß nähere verwandtschaftliche Beziehungen zwischen *Titanosaurus* nebst Verwandten wie *Antarctosaurus*

zu *Brachiosaurus* nicht bestehen können, beweist die äußerst abweichende, extrem stiftförmige Be-
zahnung der Titanosaurier, dagegen spricht auch der extrem konkav-konvexe Bau der vorderen und
mittleren Schwanzwirbel von *Titanosaurus*.

Unter den Gattungen mit bifider Neurapophyse ist bei einer vergleichenden Betrachtung die Gat-
tung *Camarasaurus* deshalb besonders wichtig, weil sie im Bau des Schädels *Brachiosaurus* so ähnlich
ist, daß sie als diesem nahe verwandt anzusehen ist. *Camarasaurus* weist, wie OSBORNS und MOOKS
große Monographie (1921) lehrt, im Hals und im vorderen Rumpf ausgeprägte Bifidie auf; besonders
bei den hinteren Hals- und den vorderen Rumpfwirbeln reicht der Einschnitt zwischen den beiden
Ästen der Neurapophyse sehr tief hinab. Die nicht gespaltenen Neurapophysen in der hinteren Rumpf-
hälfte sind niedrig und breit; darin weichen die mittleren Rumpfwirbel von denen von *Brachiosaurus*
stärker ab als die hinteren von den entsprechenden dieser Gattung. Zwischen den hinteren Rumpf-
wirbeln besteht immerhin erhebliche Ähnlichkeit. Die Ausbildung des Pleurocöls ist bei den Hals-
und Rumpfwirbeln recht übereinstimmend. Die Zahl der präsakralen Wirbel ist bei beiden Gattungen
die gleiche, doch verteilen sie sich verschieden auf Hals und Rumpf. *Brachiosaurus*, bei dem mit der
Streckung des Halses 13 von den 24 Präsakralwirbeln in diesen einbezogen sind, ist weiter fortgeschrit-
ten als *Camarasaurus*, bei dem beide Regionen 12 Wirbel umfassen. Die offenbar *Camarasaurus* recht
nahestehende Gattung *Uintasaurus* (HOLLAND 1919) mit größerer Streckung der Halswirbel ist wohl
ähnlich zu beurteilen wie jene.

Im Anschluß an *Camarasaurus* ist dann die Gattung *Helopus* zu betrachten, in deren Schädelbau
und Zahnform ich im Gegensatz zu Baron NOPSCH Ähnlichkeit und Verwandtschaft mit *Brachiosaurus*
sehen zu müssen glaube, worauf ich früher bereits hinwies (JANENSCH 1935). Bei *Helopus* sind die hin-
teren Halswirbel und die vorderen Rumpfwirbel zwar nicht eigentlich bifid, weisen aber doch zwei
niedrige Metapophysen („processus pseudospinosi“ WIMANS) auf, zwischen denen die ebenfalls niedrige
Neurapophyse sitzt. Die Architektur der Wirbel ist im einzelnen einfacher, weniger stark sekundär
zergliedert, vielleicht wenigstens z.T. eine Folge der viel geringeren Größe. Die Pleurocöle sind bei den
Halswirbeln unvollständig umgrenzt, bei den Rumpfwirbeln im allgemeinen etwas weniger umfang-
reich. Die Streckung der Halswirbel gegenüber den Rumpfwirbeln bleibt hinter der bei *Brachiosaurus*
zurück, dagegen erweist sich *Helopus* insofern als höher spezialisiert, als die Zahl der Präsakralwirbel
sieben mehr als bei *Brachiosaurus* beträgt, nämlich 31 (ohne Dorsokralwirbel), von denen 17 (oder 18)
auf den Hals und 14 (oder 13) auf den Rumpf entfallen.

Durch stark verlängerte Halswirbel ausgezeichnet sind unter den mit gespaltenen Neurapophysen
ausgestatteten Gattungen *Diplodocus* und *Barosaurus*. Bei dem nordamerikanischen *Barosaurus lentus*
MARSH erreicht die Streckung sogar einen noch höheren Grad als bei *Brachiosaurus brancai*. Da die
bedeutende Streckung der Halswirbel verbunden ist mit einer hochspezialisierten Leistenarchitektur
und Kavernosität, so erscheinen die Halswirbel, abgesehen von den gespaltenen Neurapophysen,
äußerlich denen von *Brachiosaurus* einigermaßen ähnlich. Das gilt besonders für die langen Halswirbel
von *Barosaurus*, deren Metapophysen sehr niedrig und wenig auffallend sind, was auch der *Barosaurus*
africanus (E. FRAAS) aus den Tendaguru-Schichten zeigt. Die Rumpfwirbel von *Barosaurus* und
Diplodocus entfernen sich infolge der stark ausgeprägten Bifidie und die weniger breit gebaute, bei
Diplodocus auch sehr viel höhere Neurapophyse der hinteren Wirbel weit von *Brachiosaurus*. Für
Barosaurus konnte ich außerdem noch nachweisen, daß die Wirbelkörper in noch höherem Grade durch
Luftzellen ausgehöhlt sind als bei *Brachiosaurus*.

Apatosaurus und *Dicraeosaurus*, die durch tiefe, weit hinab in den Neuralbogen sich fortsetzende Teilung der Neurapophysen der meisten Hals- und vorderen Rumpfwirbel ausgezeichnet sind, weichen auch wegen der geringen Streckung ihrer Halswirbel in den äußeren Maßverhältnissen bedeutend von *Brachiosaurus* ab. *Apatosaurus* besitzt in den überaus langen, ein ungemein weites Foramen transversarium umspannenden Ästen des Rippenkopfes ein Merkmal, das gegenüber *Dicraeosaurus* wie auch gegenüber *Brachiosaurus* eine besondere Spezialisierung bedeutet. Der abweichende Typus des Schädels von *Dicraeosaurus* spricht durchaus, wie bei *Diplodocus* und *Barosaurus*, gegen engere Beziehungen zu *Brachiosaurus*. Auch der Bau der Schwanzwirbel, namentlich der vorderen mit ihrer spezialisierten Architektur ist wesentlich anders als bei *Brachiosaurus*.

Die vergleichende Betrachtung hat ergeben, daß abgesehen von dem nordamerikanischen *Brachiosaurus* unter den behandelten Gattungen mit ungeteilter Neurapophyse präsakraler Wirbel lediglich der von HULKE aus dem englischen Wealden mit der Bezeichnung *Ornithopsis* abgebildete Rumpfwirbel *Brachiosaurus* so ähnlich ist, daß nähere Verwandtschaft wohl möglich ist. Sicher bestätigt würde diese Annahme aber erst dann, wenn der Schädel des Sauropoden, dem jener Rumpfwirbel zugehörte, bekannt und sein Typ mit dem von *Brachiosaurus* übereinstimmend befunden würde. Bei dem durch seinen Schädelbau als Verwandter von *Brachiosaurus* erwiesenen *Camarasaurus* sind, wie gezeigt wurde, die hinteren Rumpfwirbel und die Schwanzwirbel denen von *Brachiosaurus* recht ähnlich. Gewisse wichtige Eigenschaften der präsakralen Wirbelsäule von *Camarasaurus*, wie die geteilten Dornfortsätze der meisten Hals- und der vordersten Rumpfwirbel, die weit geringere Streckung der Halswirbel bedeuten abweichende Züge. So zeigen *Camarasaurus* und *Brachiosaurus*, daß bei Sauropoden bei näherer Verwandtschaft gleichzeitig Ähnlichkeiten und erhebliche Verschiedenheiten in der Wirbelsäule ausgeprägt sein können.

Der Vergleich des S a k r u m s von *Brachiosaurus brancai* mit dem von *B. altithorax* zeigt wichtige Übereinstimmungen. Die umfangreiche, dreiseitige erste Sakralrippe ist bei beiden Arten durchaus ähnlich. Die lange Erstreckung, in der sich die Sakralrippe des zweiten Sakralwirbels am ersten und zweiten Wirbelkörper anfügt, ist auch bei der amerikanischen Form und zwar anscheinend sogar noch etwas gesteigert zu finden. Die bezeichnende große Länge der Seitenfortsätze, die dem Sakrum die im Vergleich mit anderen Gattungen bedeutende Breite verleiht, ist wiederum übereinstimmend. Die Neurapophysen haben als verhältnismäßig niedrige Knochenplatten durchaus den gleichen Charakter. Daß bei dem Sakrum Aa des *Brachiosaurus* vom Tendaguru die ersten drei Neurapophysen verwachsen sind, dagegen bei dem jugendlichen Sakrum T, wie bei *B. altithorax*, nur die zweite und dritte, bedeutet ein Schwanken in der Art der Verwachsung, wie ja auch bei *Diplodocus* und *Apatosaurus* nach der Darstellung von E. S. RIGGS (1903, Fig. 10–17) innerhalb jeder dieser Gattungen nicht immer dieselben Neurapophysen verwachsen sind. Die übereinstimmenden Merkmale der Sakren sprechen in gleicher Weise, wie viele andere morphologische Züge der Wirbelsäule, des Iliums und der großen Gliedmaßenknochen für die Zugehörigkeit des afrikanischen Sauropoden zur Gattung *Brachiosaurus*.

Die Annahme, daß die verschiedene Verwachsungsweise der Neurapophysen bei dem Sakrum Aa aus den mittleren und dem von Fund T aus dem oberen Sauriermergel verschiedene Arten oder zeitliche Mutanten anzeigt, ist zwar nicht zu widerlegen, wird aber durch andere Beobachtungen nicht gestützt.

Der zweite S c h w a n z w i r b e l von *B. altithorax*, den RIGGS (1904) abgebildet hat, gleicht in seinem Bau den entsprechenden von *Br. brancai* außerordentlich, es sind nur wenige, nicht wesentliche Punkte, in denen er aus dem Bereich der bei den verschiedenen Schwanzwirbelsäulen gefundenen

Variationsbreite herausfällt. Zu erwähnen wäre, daß eine seitliche Grube nicht angedeutet ist, daß die Neurapophyse oben besonders stark klobig verdickt ist, und daß der Keil am Unterende der Postzygapophysen stärkeren Zygosphencharakter hat, so daß er in der Seitenansicht etwas fortsatzartig vorspringt.

Unter den anderen Gattungen kommen wegen ähnlicher einfacher Form zum Vergleich nur wenige in Betracht. Die Schwanzwirbel von *Camerasaurus supremus* sind, nach den Abbildungen von OSBORN und Mook (1921) zu urteilen, denen von *Brachiosaurus* ziemlich ähnlich. Bei den vordersten Wirbeln sind die Seitenfortsätze etwas umfangreicher, die Neurapophyse ist etwa bis zum 10ten Wirbel dicker, kolbenförmiger, als meist bei *Brachiosaurus brancai*, aber wie bei *B. altithorax*; sie erniedrigt sich im Verlauf der Reihe viel langsamer. Der recht ähnliche Wirbelkörper zeigt nur bei einzelnen Figuren seitliche Längskanten. Bei dem von C. W. GILMORE (1925) beschriebenen jugendlichen Skelett von *Camerasaurus lentus* sind die Schwanzwirbel denen von *C. supremus* offenbar recht ähnlich, also auch sehr einfach geformt. Seitliche Kanten an den Wirbelkörpern erwähnt GILMORE nicht, auch die Darstellungen des Skelettes auf Tafel 13 und 14 zeigen davon nichts. Wohl aber scheinen auf dem Rekonstruktionsbild Tafel 17 an einer Anzahl Wirbel Seitenkanten angedeutet zu sein.

Die Schwanzwirbel von *Haplacanthosaurus* haben mit denen von *Brachiosaurus* die einfache Gesamtgestalt und das negative Merkmal des Fehlens einer Skulptur der Wände des Körpers gemeinsam. Abgesehen von der kürzeren Form des Körpers sind die vorderen Schwanzwirbel durch stärkere Flächenausdehnung der Seitenfortsätze vor denen von *Brachiosaurus* ausgezeichnet, auch wird der Querschnitt des Körpers in dem Schwanzabschnitt hinter den vordersten Wirbeln stark seitlich zusammengedrückt.

Recht ähnlich sind die Schwanzwirbel des von A. THEVENIN (1907) *Bothriospondylus madagascariensis* benannten Sauropoden aus dem mittleren Jura von Madagaskar. Die Ähnlichkeit könnte verwandtschaftliche Beziehungen anzeigen. Da aber ein außerdem abgebildeter Rumpfwirbelkörper viel ursprünglicher als bei *Brachiosaurus* ist und nur ein unbedeutendes Pleurocöl aufweist, käme nur eine ferne Verwandtschaft in Frage, was durch den Unterschied im geologischen Alter bedingt sein könnte. Die kurze breite Zahnkrone, die der gleichen Art zugerechnet wird, weicht zwar erheblich ab von den Zähnen von *Brachiosaurus*, noch sehr viel mehr aber von den Stiftzähnen von *Diplodocus* oder *Dicraeosaurus*. Was an Halswirbeln abgebildet wird, die wegen Unvollständigkeit nicht klar zu beurteilen sind, schließt eine entfernte Verwandtschaft nicht aus. Die unspezialisierte Form der Schwanzwirbel, wie sie *Brachiosaurus* zukommt, ist ja an sich nicht besonders geeignet zum Erkennen verwandtschaftlicher Beziehungen.

Bemerkenswert verschieden verhält sich die Wirbellänge in der Schwanzwirbelreihe bei den Sauropoden. Während die Länge des Wirbelkörpers sich im vorderen Schwanzabschnitt bei *Brachiosaurus brancai* etwa bis in die Gegend des 25ten Wirbels annähernd gleich bleibt, nimmt sie bei *Diplodocus longus* nach den von C. W. GILMORE (1932) gegebenen Maßzahlen etwa vom 20ten ab erheblich zu, um dann etwa vom 20ten Wirbel ab wieder abzunehmen. Auch bei *Apatosaurus excelsus* (GILMORE 1936) zeigt sich eine starke Längenzunahme, sie tritt aber später auf, ähnlich bei einem von GILMORE gemessenen, artlich nicht bestimmtem *Apatosaurus*, während bei *A. louisae* die gleiche Erscheinung kaum angedeutet ist. Auch bei *Dicraeosaurus hansemanni* werden etwa vom 13ten Schwanzwirbel ab die Körper deutlich länger (JANENSCH 1929, S. 79). *Diplodocus*, *Apatosaurus* und *Dicraeosaurus* sind Gattungen mit sehr langem Schwanz. Die Tendenz, einen sehr verlängerten Schwanz herauszubilden, drückt sich also auch aus in der deutlichen Streckung der Schwanzwirbelkörper in dem Abschnitt hinter dem 10ten Wirbel.

Rippen der Halswirbel (2ter—13ter Präsakralwirbel).

Material, Verwachsung.

Über die Halsrippen gibt das große Skelett SII sehr weitgehend Aufschluß. Die Beschreibung fußt daher in erster Linie auf dem Material an Halsrippen, das dieses Skelett geliefert hat. Bei diesem sind die beiden Rippen des zweiten Halswirbels mit ihrem Wirbel, der bei der Ausgrabung nicht zum Vorschein kam und offenbar vor der endgültigen Einbettung des Halses und der sonstigen Skelettknochen entfernt oder zerstört war, nicht verwachsen gewesen; ihre Köpfe sind frei. Beim 3ten bis 12ten Halswirbel sind dagegen die Rippenköpfe mit ihren Wirbeln fest verwachsen. Die Rippen des 13ten Präsakralwirbels sind wiederum unverwachsen und zeigen auch in dieser Eigenschaft den Übergang zu den Rumpfrippen an.

Die außerordentlich langen dünnen Schäfte der Rippen der Halswirbel hatten größtenteils im Gestein noch annähernd ihre ursprüngliche Lage behalten. Da der Hals in einzelnen meist großen Blöcken geborgen wurde, war es nicht zu vermeiden, daß an den Stellen, wo die brüchigen, dünnen Schäfte der Halsrippen durch die Bruchflächen zerteilt wurden, Splitter und Bruchstückchen verloren gingen. Trotzdem ließen sich die Halsrippen nachher vielfach zu langen Abschnitten zusammenpassen. Außerdem waren oftmals auch dann, wenn Stücke fehlten, auf Grund der Ähnlichkeit der Querschnitte zusammengehörige Abschnitte zu erkennen. Im Bereich des 3ten bis 12ten Halswirbels verliefen die dünnen Schäfte der Rippen jeweils an der Ventralfläche der Rippenköpfe der nachfolgenden Rippen vorbei. Bei drei Halswirbeln sind auf einem Rippenkopf noch Teile der an ihm vorüberziehenden Rippen vorhergehender Halswirbel vorhanden. Auf der Ventralseite des rechten Rippenkopfes des 4ten Halswirbels liegt ein Abschnitt der dritten Halsrippe und lateral davon ein sehr dünner Abschnitt der Halsrippe des Epistropheus. Auf dem linken Rippenkopf des 7ten Wirbels liegt medial von der Einsenkung für die Rippe des 6ten Wirbels ein dünnes Stück der vierten Halsrippe. Auf dem linken Rippenkopf des 10ten Halswirbels liegen, etwas nach medial verlagert und zugleich schräg gestellt, unmittelbar aneinander, von lateral gezählt, Stücke der 7ten, 9ten und 8ten Rippe.

Von den Funden SI und be werden, abgesehen von den besonders behandelten auffallend differenzierten Rippen des Epistropheus, die der nachfolgenden Wirbel nicht genauer beschrieben, da sie denen von SII sehr ähnlich sind. Es genügt zu erwähnen, daß die proximalen Abschnitte der Halsrippen des kleineren SI schwächer und im allgemeinen feinrandiger sind als bei den anderen größeren Tieren. Von SI sind die Rippen des Epistropheus, die rechte Rippe des dritten Halswirbels, beide Rippen des 4ten, 5ten und 6ten sowie die linke Rippe des 7ten Halswirbels vorhanden. Die Proximalabschnitte sind ganz oder ziemlich vollständig erhalten und nicht oder wenig verdrückt. Die dünnen distalen Abschnitte fehlen allen zum mehr oder weniger großen Teil. Die Rippen waren bis einschließlich derer des 5ten Wirbels an den Nähten mit der Diapophyse und Parapophyse nicht knöchern verwachsen und von den zugehörigen Wirbeln getrennt oder wenigstens an ihnen verschoben. Beim 6ten und 7ten Wirbel sitzen sie dem Wirbel fest an. Daraus geht hervor, daß die Rippen im Verlauf des Wachstums bei den mittleren Halswirbeln früher knöchern festwuchsen als bei den vorderen. Bei den wesentlich größeren Halswirbeln von Fund be ist das gleiche weitgehende Stadium der Verwachsung erreicht wie bei dem großen SII. Das zeigt sich an den erhaltenen Proximalabschnitten der linken Halsrippen, die beim 6ten, 4ten und 3ten Wirbel fest verwachsen sind, während das kurze proximale Stück der Epistropheusrippe zwar in ungestörter Lage dem Wirbel anliegt, aber doch deutlich durch eine mit Gestein erfüllte Fuge von ihm getrennt ist, also nicht angewachsen war.

Rippe des Epistropheus.

Beschreibung.

Die bemerkenswerte Differenzierung, die die Rippen des Epistropheus von *Brachiosaurus brancai* aufweisen, bedarf einer gesonderten, eingehenden Darstellung der drei vorliegenden Funde von SI, SII und t. Dabei wird die Beschreibung der in ihrer besonderen Form am stärksten ausgeprägten Rippe des Epistropheus von SII in den Vordergrund gestellt. Das etwa 4 cm lange und 3 cm breite Vorderende der Rippe, das am Epistropheus von Fund be sitzt, ist zu unbedeutend, um beschrieben zu werden.

F u n d S I I (Abb. 77, 78, 83). Die rechte Rippe ist in 99 cm Länge vorhanden, deren letzter Abschnitt der Unterseite des Rippenkopfes des 4ten Halswirbels ansitzt; zu ihr gehört wahrscheinlich ein sehr dünnes Endstück ohne Zusammenhang von 1,2 cm. Von der linken Rippe liegen ein etwa 21 cm langes Vorderende ohne Kopf und ein dicht dahinter folgendes, jedoch durch eine kurze Lücke getrenntes Stück von 27 cm vor; mit diesem hängen, durch Stauchung verschoben, zwei Bruchstücke von etwa 10 cm und 2½ cm zusammen, ein etwas dünneres, fast 5 cm langes Stück dürfte gleichfalls zu dieser Rippe gehören.

Die Rippe ist ausgezeichnet durch die auffallende Stärke des proximalen Abschnittes und durch eine S-förmige Krümmung. Der Kopf springt nach oben und unten kräftig vor, seine sehr höckerige, 2,9 cm lange (in der Richtung der Längserstreckung der Rippe) und 4,7 cm breite Facette sitzt sehr schräg auf. Gleich hinter dem Kopf ist der Querschnitt der Rippe zusammengedrückt. Es wächst dann aber auf der konvexen medialen Seite des proximalen Bogens der S-Krümmung ein langer kräftiger Wulst nach oben heraus. Beim Übergang zu dem hinteren flachen Bogen der S-Krümmung verschwindet der mediale Wulst, die Medialfläche wird eben, der obere Rand der Spange verdünnt sich zu einer wenige Millimeter dicken Lamelle. Wie die linke Rippe besonders klar zeigt, erniedrigt sich der obere lamellenhafte Rand plötzlich mit einem ausgesprochenen Absatz und läuft dann etwa 10 cm weiter ganz aus.

F u n d S I (Abb. 79, 80, 83). Es sind beide Rippen vorhanden, die rechte in 34 cm, die linke in 24½ cm Länge erhalten. Die Rippen sind wesentlich schwächer, als die von SII, der Schaft weist im Gegensatz zu dieser eine sehr schwache S-förmige Krümmung auf und eine viel geringere wulstartige Verstärkung auf der Medialseite, wie der Vergleich der Querschnittsbilder (Abb. 83) lehrt. Sehr ausgeprägt ist dagegen die aufsitzende Lamelle, die in gleicher Weise hinten in einer Stufe abbricht.

F u n d t (Abb. 81, 83). Von den beiden Rippen sind nur kurze proximale Abschnitte erhalten, die rechte in 6 cm, die linke in 10 cm Länge. Der Rippenschaft stimmt bei beiden Rippen überein, er ist eine flache Knochenspange, oben zugeschärft; die Außenseite ist flach gewölbt, die innere eben bis schwach längseingesenkt. Sehr verschieden gebaut ist der Rippenkopf. Er ist bei der linken Rippe zweiköpfig. Der untere stärkere Ast, das Capitulum, trägt eine elliptische, stark höckerige Facette, die sehr schräg aufsitzt. Das Tuberculum wächst aus dem scharfen oberen Rand heraus und trägt eine kleine, nach oben gerichtete konkave Facette. Die rechte Rippe hat nun auffallenderweise nur die Facette des Capitulum. Ein Tuberculum ist nicht vorhanden. Der obere scharfe Rand ist zwar am Kopf ein wenig abgebröckelt, doch ist aus seiner Kontur und Stärke zu entnehmen, daß ein tubercularer Ast und eine Facette tatsächlich nicht vorhanden gewesen sein kann.



Abb. 77

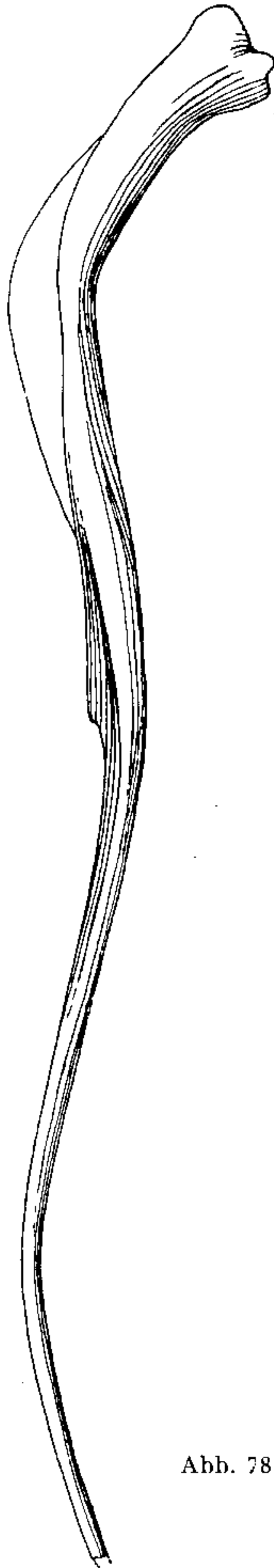


Abb. 78



Abb. 79



Abb. 80



Abb. 81



Abb. 82

Rippen des Epistropheus.

- Abb. 77. Linke Rippe (SII); Ansicht von oben. $\frac{1}{3}$ nat. Gr.
Abb. 78. Rechte Rippe (SII); Ansicht von medial. $\frac{1}{3}$ nat. Gr.
Abb. 79. Linke Rippe (SI); Ansicht von medial. $\frac{1}{3}$ nat. Gr.
Abb. 80. Rechte Rippe (SI); Ansicht von oben. $\frac{1}{3}$ nat. Gr.
Abb. 81. Linke Rippe (t); Ansicht von medial. $\frac{1}{3}$ nat. Gr.
Abb. 82. Rechte Rippe (t); Ansicht von medial. $\frac{1}{3}$ nat. Gr.

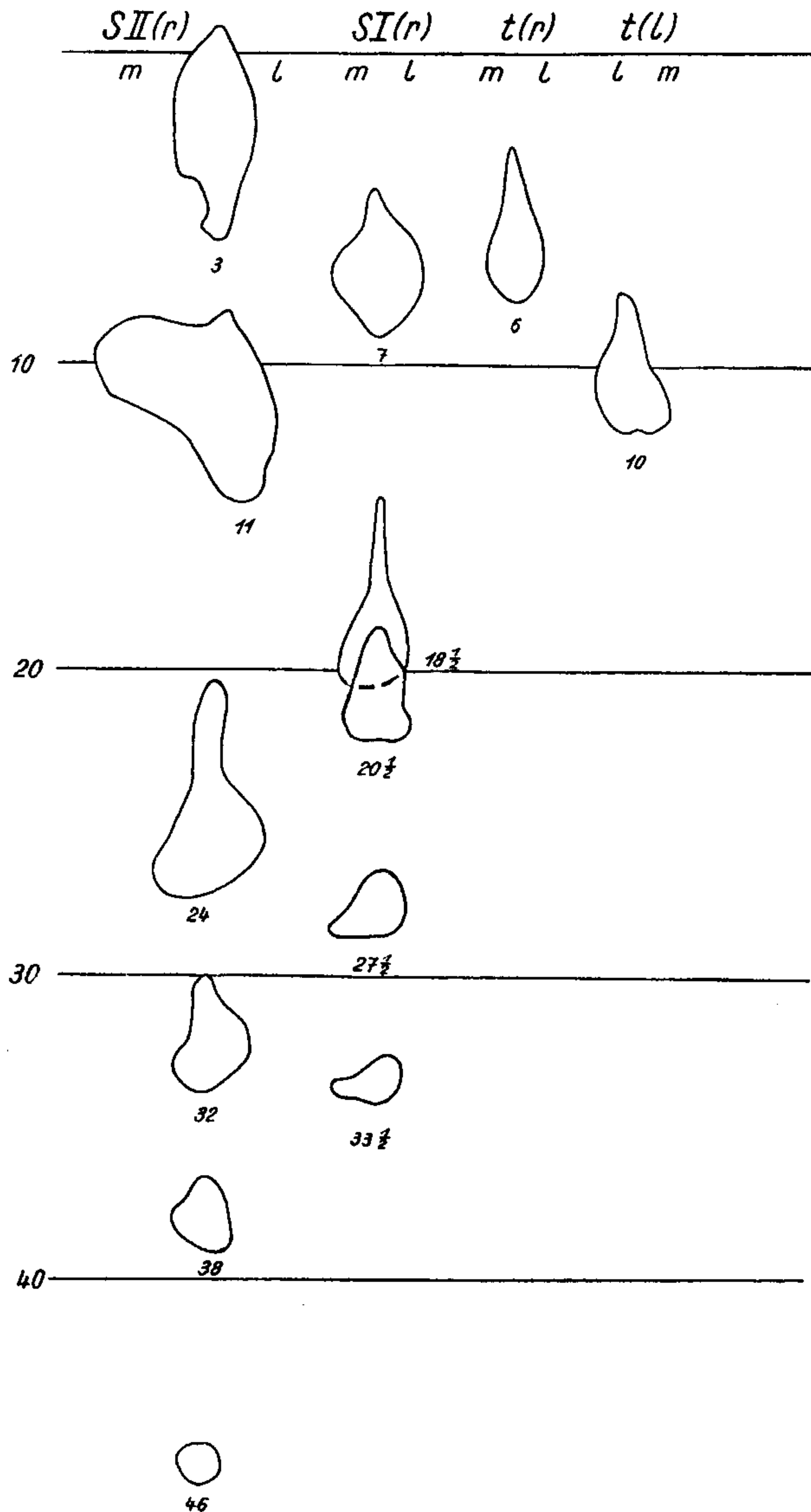


Abb. 83. Querschnitte durch die Rippen des zweiten Halswirbels der Funde
 SII, SI und t. Nat. Gr. l = lateral, m = medial.
 Die Zahlen geben den Abstand vom Proximalende in cm an.

Frage der Zugehörigkeit.

Die Frage, zu welchem der ersten Halswirbel die beschriebenen Rippen von SII und SI gehören, und die Frage, ob etwa die Abweichungen dieser Rippen von den Epistropheus-Rippen von t darauf beruhen, daß jene Atlas-Rippen sind, führt zu folgenden Überlegungen:

1. Der Epistropheus SII war im Gestein nicht mehr vorhanden, sondern, wie der Atlas und die Schädelkapsel, durch Abrasion vor Ablagerung der hangenden Schicht entfernt. Von den beiden beschriebenen, nicht von der Abrasion betroffenen Rippen hatte zum mindesten die rechte ihre ursprüngliche Lage an der Halswirbelsäule beibehalten, denn sie liegt in normaler Weise der Unterseite des vierten Halswirbels mit dem entsprechenden Abschnitt des dünnen Distalendes an. Da neben ihr ein wesentlich stärkeres Stück der Rippe sitzt, die zum dritten Halswirbel gehört, muß jene Rippe zum Atlas oder Epistropheus gehören; zu welchem der ersten beiden Wirbel, ist an diesem Fund allerdings nicht zu entscheiden; es könnte nämlich möglich sein, daß die Rippe des Epistropheus kürzer war als die des Atlas, wie ich es an einem Skelett des Nilkrokodils feststellen konnte, und daß die Rippe des Atlas bis zum Rippenkopf des vierten Wirbels reichte, nicht aber die des Epistropheus.

2. Am Fund t ist nur am Epistropheus beiderseits die zugehörige Halsrippe vorhanden gewesen. Da der Schädel t I und die ersten beiden Halswirbel im natürlichen Zusammenhang lagen, hätten bei der Freilegung Atlasrippen unbedingt sichtbar werden müssen, wenn sie vorhanden waren.

3. In Fällen, in denen der Atlas mit einer Rippe versehen ist, ist am Interzentrum des Atlas eine deutliche Facette für sie ausgebildet. So fand C.W. GILMORE (1907, Taf. 12) bei dem aus dem hinteren Schädelabschnitt und den ersten drei Halswirbeln bestehenden MARSHschen Typusexemplar von *Camarasaurus* (= *Morosaurus*) *agilis* am Interzentrum des Atlas eine deutlich ausgebildete Facette für eine Rippe. Eine solche zeigt ebenfalls die Abbildung des Atlas von *Diplodocus longus* bei MARSH (1896, Taf. 27, Fig. 1); sehr deutlich ist sie auch entwickelt bei einem Interzentrum aus den Tendaguru-Schichten, das ich der Gattung *Barosaurus* zuweisen möchte. Eine sehr kräftig ausgebildete Facette für eine Rippe bildet ferner GILMORE (1936) am Interzentrum des Atlas von *Apatosaurus louisae* ab.

Da gegenüber diesen Fällen aus dem Fehlen einer Facette für eine Rippe am Atlas von Fund t zu schließen ist, daß *Brachiosaurus* eine solche nicht besaß, und da bei diesem Fund eine Atlas-Rippe auch ganz offensichtlich nicht vorhanden gewesen ist, so muß gefolgert werden, daß die ungewöhnlich kräftigen und eigenartig S-förmig gebogenen Rippen bei SII und ebenso die ähnlich, aber weniger ausgeprägt geformten Halsrippen von SI als Rippen des Epistropheus aufzufassen sind, obwohl diese beim Fund t normal und damit von jenen völlig abweichend gestaltet sind.

Differenzierung der Rippe des Epistropheus und Versuch ihrer Deutung als sekundärer Geschlechtsunterschied.

Ein Vergleich der Querschnitte der einzelnen Funde, wie sie die Zusammenstellung (Abb. 83) veranschaulicht, zeigt klar die großen Unterschiede zwischen der Epistropheus-Rippe von Fund t und der von SII. Während die Rippe von t eine seitlich zusammengedrückte gerade Spange mit flacher oder sogar etwas eingesenkten Medialseite darstellt, ist sie bei der Rippe von SII S-förmig gebogen und auf der Medialseite wulstig verdickt. Die Rippe von SI zeigt den Charakter der Rippe von SII in abgeschwächtem Grade, die seitliche Krümmung ist schwächer und die wulstige Anschwellung geringer, auch ist die Facette am Vorderende viel kleiner.

Die Deutung der eigenartigen Verschiedenheit der Gestalt der Epistropheus-Rippe der drei Funde, die keinesfalls als bloße Variabilität angesehen werden kann, wird dadurch erschwert, daß, soweit ich sehe, ein vergleichbarer Fall sonst weder bei lebenden noch bei ausgestorbenen Reptilien bekannt ist. Man kann daher nur versuchen, aus dem morphologischen Befund eine Deutung abzuleiten. Die ungewöhnliche Verstärkung des proximalen Rippenabschnittes zeigt gewiß eine Steigerung einer funktionellen Leistung an. Da, wie ich später noch darlegen werde, die außerordentlich langen und in einem langen, proximalen Abschnitt auch sehr kräftigen Rippen der Halswirbel von *Brachiosaurus* sicherlich dahin wirkten, den Hals gegen zu starke Biegung zu versteifen, kann man sich vorstellen, daß der verstärkte Abschnitt der Rippen des Epistropheus von SII die Beugung zwischen dem Epistropheus und dem dritten Halswirbel zu hemmen hatte. Zu dieser Deutung würde stimmen, daß der vordere, größere, durch die Wulstbildung besonders verstärkte Bogen der S-Krümmung annähernd in eine Sagittalebene eingerichtet gewesen sein muß. Von der dem Proximalabschnitt aufsitzenden Lamelle kann man wohl annehmen, daß sich an ihr ein ligamentöses Gewebe anheftete, das vielleicht die Epistropheus-Rippe mit dem 3ten Wirbel verband und den Zusammenhalt beider Wirbel noch vermehrte. Weshalb bei dem großen Skelett SII diese Halsstelle so versteift war, bei dem kleinen SI in geringem Grade, während bei t eine Verstärkung offenbar fehlt, ist schwerlich sicher zu klären. Ob die verstärkte Epistropheus-Rippe von SII etwa die Bedeutung eines sekundären Geschlechtsunterschiedes hatte? Man könnte sich vorstellen, daß das Tier SII ein erwachsenes Männchen war, das mit dem Kopf gegen Nebenbuhler im Kampf um das Weibchen oder auch gegen das Weibchen vor oder bei der Begattung stoßende oder schiebende Bewegungen ausführte, es vielleicht mit dem Maule festhielt, wie es z. B. Lacertilien tun. Mit derartigen Betätigungen konnte die Versteifung des vordersten Halsteiles funktionell zusammenhängen.

Das kleinere Tier SI, bei dem die Epistropheus-Rippe in geringem Grade verstärkt ist, könnte man dann als ein nicht ausgewachsenes Männchen ansehen, bei dem jener sekundäre Geschlechtscharakter noch nicht voll entwickelt war, das dieses an Größe erheblich übertreffende Tier t ohne verstärkte Epistropheus-Rippe als ein weibliches.

Wegen der Lage der Rippen des Epistropheus in der Nähe der Kehle könnte man noch eine andere Deutung versuchen, nämlich ihre Verstärkung auf ihre Verbindung mit einer nur im männlichen Geschlecht vorhandenen Organbildung zum Hervorbringen von Brülllauten oder anderen Tönen zurückzuführen. Der morphologische Befund dürfte jedoch für eine bestimmte anatomische Rekonstruktion eines solchen akustischen Apparates keineswegs ausreichen, zumal die lebenden Wirbeltiere kein Vorbild dafür liefern.

Rippen des 3ten–13ten Halswirbels.

(Abb. 26–50, 84, 85, Taf. I, Fig. 3, 5–7.)

Beschreibung.

Die nachfolgende Beschreibung bezieht sich lediglich auf die Halsrippen von SII. Die erhaltenen Halsrippen von SI und be stimmen mit denen von SII so weitgehend überein, daß sie nicht besonders behandelt zu werden brauchen.

Der zweiköpfige Proximalabschnitt stellt bei den Rippen des 3ten bis 12ten Halswirbels eine Knochenlamelle dar, die in der Richtung der Längsachse des Wirbels winklig geknickt ist. Nach dorsal steigt als plattiger, sich verschmälernder Fortsatz das Tuberculum auf, das mit der Diapophyse

des Wirbels verwachsen ist. Die Anlagefläche des Capitulum, mit der es mit der Parapophyse verwachsen ist, ist bedeutend umfangreicher als die des Tuberculum. Der vordere Rand zwischen Capitulum und Tuberculum ist eingebogen, unten zieht er sich nach vorn in einen Vorsprung aus. Auf der Medialseite sind Tuberculum und Capitulum durch eine Leistenverbindung gegeneinander versteift. (Abb. 84.) Der Proximalabschnitt geht nach hinten durch zunehmende Verschmälerung in den sehr langen, stabförmigen Schaft über.

Der Proximalabschnitt nimmt in der Reihe der Halswirbel dauernd zu an Ausladung, Länge und Breite des tuberkularen und kapitularen Astes. Die mediale Versteifung zwischen beiden Ästen verstärkt sich gleichzeitig durch Vermehrung oder Erhöhung der Stützleisten.



Abb. 84. Rechte Rippe des 5ten Halswirbels von SI; mediale Ansicht. Etwa $\frac{1}{5}$ nat. Gr.

Foramen transversarium. Im Verlauf der Halswirbelsäule nimmt das Fo. transversarium dauernd an Umfang zu. Da der Wirbelkörper in seinem vorderen Abschnitt infolge der tief einspringenden Pleurocöle bis auf die mediane Wand ausgehöhlt ist, setzt sich der Raum des Foramens bis an jene Mittelwand fort. Die bedeutende Weite des Foramens läßt sich aus den nachfolgenden Maßzahlen ersehen: Sein Lumen hat beim 6ten Halswirbel eine laterale, bis ins Innere des Pleurocöls gemessene Weite von etwa 20 cm, eine Höhe von 14 cm, beim 7ten Halswirbel eine Weite von 23 cm, eine Höhe von 15 cm, beim 9ten bis 11ten Wirbel beträgt die Weite etwa 39, 40 und 43 cm, während die Höhe bei diesen Wirbeln wegen starker Verdrückung nicht zu ermitteln ist.

Schaft. Wie das zweiköpfige Proximalende vom 3ten Wirbel ab stetig an Ausladung zunimmt, so wird auch der anschließende Abschnitt des Schaftes bis zum 12ten Wirbel zunehmend breiter und der Schaft überhaupt immer stärker. Das Ende läuft, soweit erhalten, stets spitz aus. Während der Endabschnitt bei den Rippen des 4ten Wirbels sehr dünn ist, ist er bei den folgenden Rippen zunehmend stärker und bei den letzten dick spießförmig. Der Endabschnitt, der vielfach etwas dreiseitigen, aber auch stark zusammengedrückten, auch an derselben Rippe in diesem Sinne wechselnden Querschnitt hat, ist mit einer mit der Stärke der Rippe zunehmend kräftiger ausgebildeten Skulptur ausgezeichnet, die in Längskanten und in diese überdeckenden, vielfach quergestellten, feinen Runzeln besteht. Bei der kurzen Rippe des 12ten Wirbels nimmt dieser äußerst kräftig skulptierte Endabschnitt sogar den größeren Teil der ganzen Länge ein.

Bei Abb. 85 und 86 sind Querschnitte der 3ten bis 12ten Halsrippe, mit Ausnahme der 8ten, derart zusammengestellt, daß Querschnitte gleichen Abstandes vom Beginn des freien Schaftes, also von der am weitesten kranial gelegenen Stelle der eingebogenen kaudalen Kontur zwischen Capitulum und Schaft, annähernd auf gleicher Höhe stehen. Diese Zusammenstellung soll die bequeme Vergleichung der Querschnitte jeder einzelnen Rippe und damit deren Veränderungen mit wachsendem Abstand

vom kranialen Ende des Schaftes ermöglichen, sowie die Unterschiede zwischen den einzelnen Rippen zeigen.

Der freie Schaft ist bei den drei kürzesten Rippen, der des 2ten, 11ten und 12ten Halswirbels, so weit vollständig vorhanden, daß ihre vollständige ursprüngliche Länge ohne weiteres ungefähr zu schätzen ist. Es ergeben sich für die drei Rippensäfte ungefähre Längen von 104 cm, 125 cm und 82 cm. Für die Rippen des 7ten und 8ten Halswirbels läßt sich die Länge mit Hilfe des Umstandes ungefähr ermitteln, daß sie mit einem Stück ihres Schaftes dem Rippenkopf des 10ten Halswirbels anliegen und zwar die Rippe des 7ten Wirbels mit dem Endstück. Die Länge bis zum Punkt des Anliegens, bei der Rippe des 8ten Wirbels auch die des darüber hinausragenden Endstückes, läßt sich annähernd abschätzen. Für die Rippe des 7ten Halswirbels ergibt sich eine freie Länge des Schaftes von etwa 290 cm, für die des 8ten Wirbels von ungefähr 240 cm.

13te Halsrippe (Abb. 87, 88). Beiden Rippen fehlt das Gelenkende des Capitulum, der rechten das Ende des Schaftes, der linken dessen größter Teil, außerdem der linken noch ein größerer mittlerer Abschnitt des Tuberculum.

Die 13te Präsakralrippe zeigt in ihrer Gestalt klar den Übergang zu den Rumpfrippen. Der Proximalteil der Rippe ist eine ziemlich flach gewölbte, dünne, dreistrahlige Platte. Das Capitulum ist lang, stabförmig. Dem tuberkularen Aste ist eine dreiseitige, rauhe Articulationsfläche von etwa 11 cm Breite (links) sehr flach angeschnitten. Von dem lateralen Längskiel des Schaftes geht nach vorn ein unvollständig erhaltener dünner Lappen aus. Auf der Lateralseite des capitularen Astes liegt eine große, rundliche Einsenkung.

Fast in der Verlängerung des Capitulum verläuft der Schaft, der sich zunächst ziemlich kräftig, weiterhin sehr allmählich verschmälert. Der Schaft verjüngt sich am Bruchende auf 2,5 cm. Die Rippe ist bis zum tuberkularen Ende auf 100 cm Länge ergänzt.

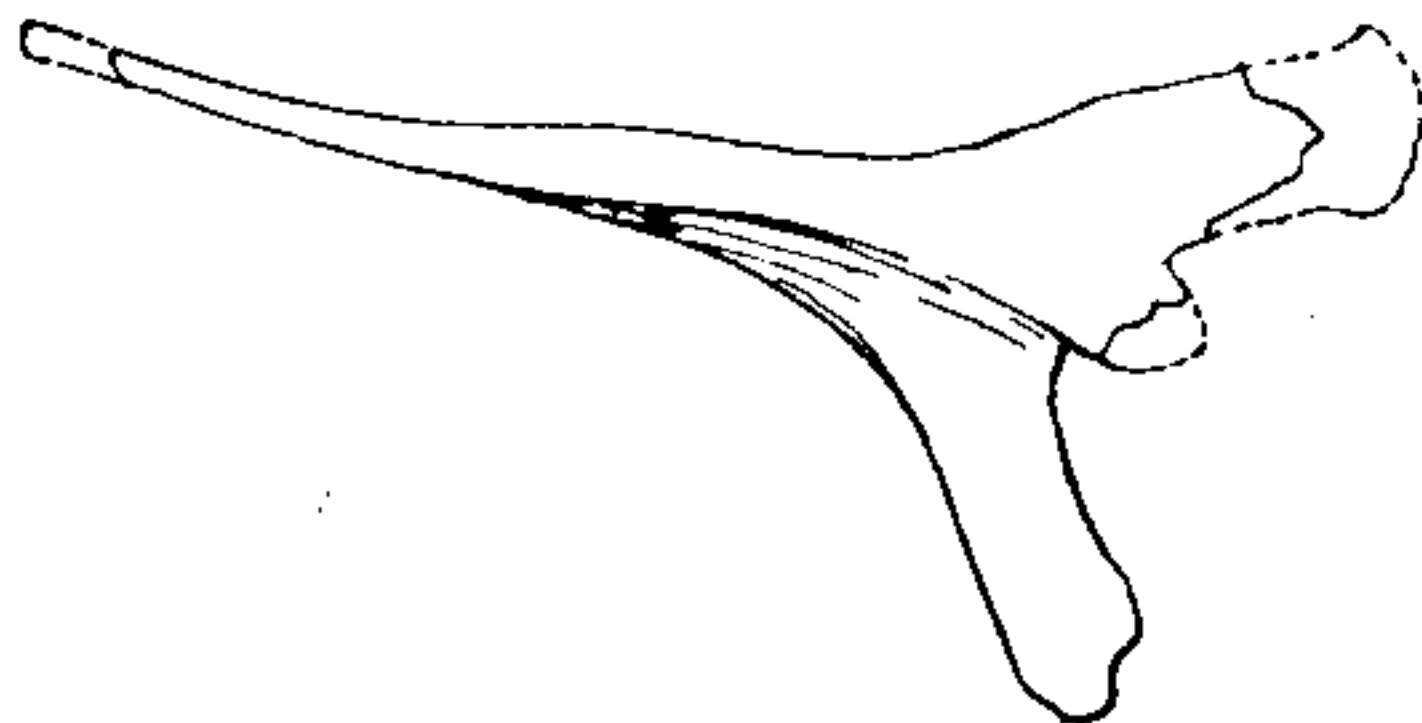


Abb. 87
Rechte Rippe des 13ten Halswirbels (SII);
Ansicht von vorn. $\frac{1}{15}$ nat. Gr.

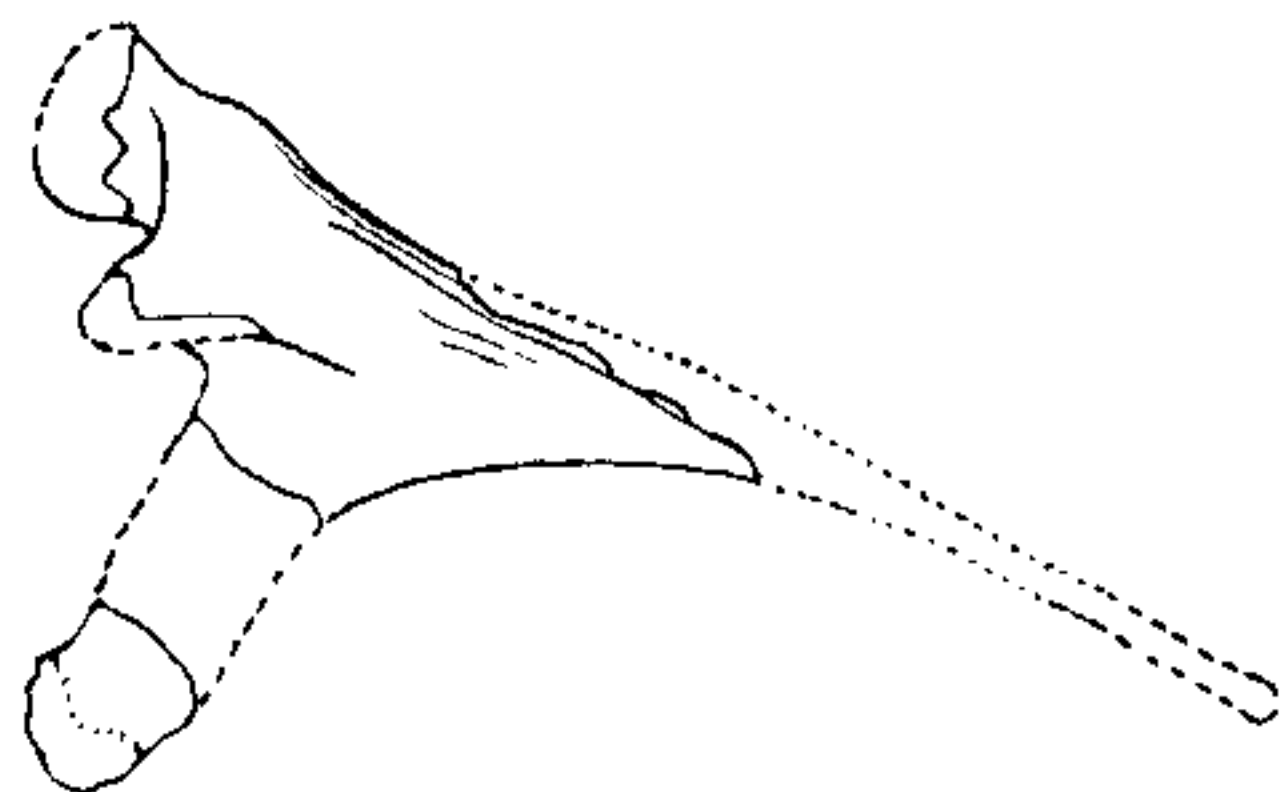


Abb. 88
Linke Rippe des 13ten Halswirbels (SII);
Ansicht von vorn. $\frac{1}{15}$ nat. Gr.

Vergleich.

Die unserem *Brachiosaurus* verwandte Gattung *Camarasaurus* besitzt, wie GILMORES (1925) Untersuchung des Skelettes von *C. lentus* (MARSH) im Carnegie-Museum zu Pittsburg lehrt, auch relativ sehr lange Halsrippen. Die längste Rippe, die zum 7ten Halswirbel gehört, reicht bis nahe an das Vorderende des Körpers des 11ten Halswirbels, erstreckt sich also über den zugehörigen Wirbel hinaus fast über

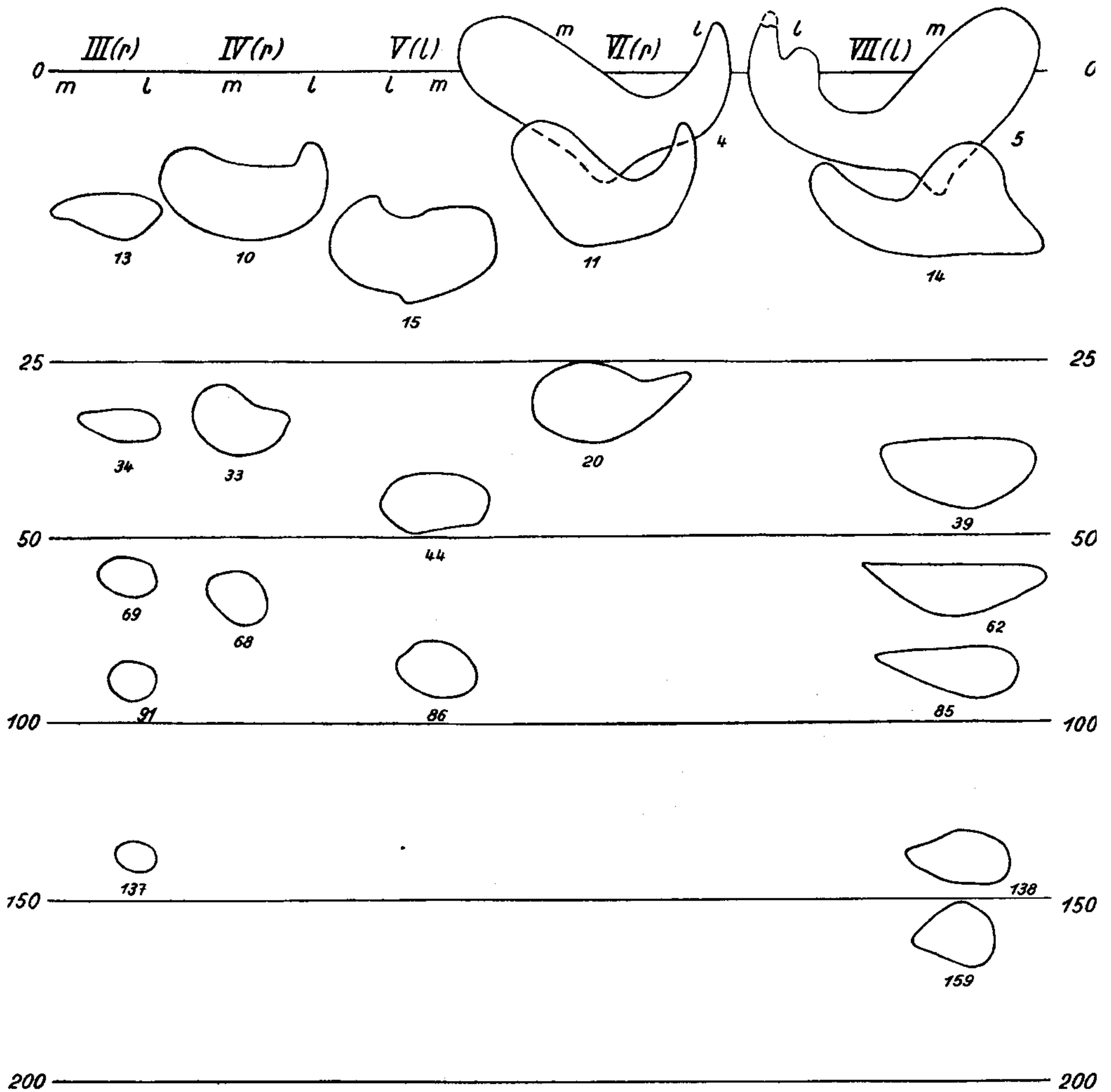


Abb. 85. Querschnitte durch die Rippen des 3ten—7ten Halswirbels. Nat. Gr.
l = lateral, m = medial.
Die arabischen Zahlen geben den Abstand vom Proximalende an.

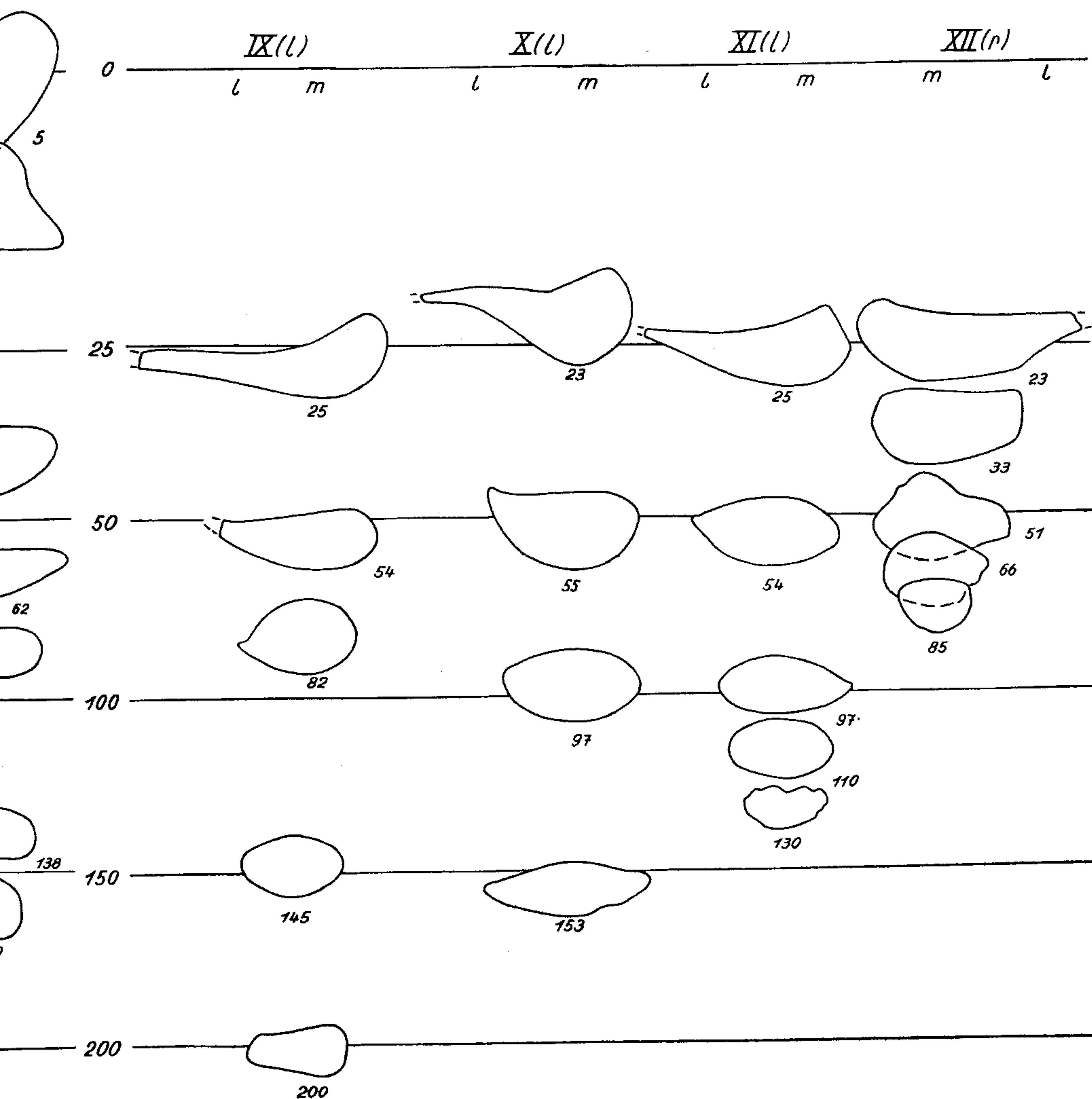


Abb. 86. Querschnitte durch die Rippen des 9ten—12ten Halswirbels. Nat. Gr.
 l = lateral, m = medial.
 Die arabischen Zahlen geben den Abstand vom Proximalende an.

drei weitere Wirbel. Die große Länge der Halsrippen ist verbunden mit einer nicht auffallenden Länge der Halswirbel, die allerdings bei jenem Skelett wegen seiner Jugendlichkeit noch besonders kurz sein dürften. Lang sind auch die Halsrippen bei *Uintasaurus* (W. J. HOLLAND 1924), bei dem die des fünft-letzten Halswirbels die Mitte des zweitfolgenden Wirbels erreicht, und ferner bei dem Shantung-Sauropoden *Helopus* (C. WIMAN 1929), dessen längste Halsrippen die 2 ½fache Wirbellänge aufweisen.

Stark verlängerte Halsrippen finden sich aber nicht allein bei Sauropoden. So tragen auch die Halswirbel bei *Plateosaurus* sehr lange Rippen, die nach Angaben Frhr. v. HUENES (1932) bei *Pl. quenstedti* beim 3ten, 4ten und 5ten Wirbel die vierfache Länge des Wirbelkörpers erreichen können. Bei einem Halberstadter *Plateosaurus* des geologisch-paläontologischen Museums zu Berlin reicht die Rippe des 3ten Halswirbels bis über die Mitte des 5ten Wirbels. Lange Halsrippen fand B. PEYER bei *Thanyostrophaeus* (1931) und *Macrocnemus* (1937). Bei der letztgenannten Gattung erreichen einige Halsrippen mehr als zwei Halswirbellängen und bei *Thanyostrophaeus* sind die Rippen des 3ten und 4ten Halswirbels, deren Körper 25 und 31 mm messen, 71 und 73 mm lang. Daß im Vergleich zu *Brachiosaurus* auch in mäßigem Grade gestreckte Halswirbel sehr lange Rippen tragen können, zeigt die südafrikanische Thecodontier-Gattung *Chasmatosaurus*, bei dem nach BROILI und SCHRÖDER (1934) die Rippe des Atlas bis zum vierten Halswirbel reicht, und die nicht vollständig erhaltene Rippe des Epistropheus gleichfalls sehr lang ist.

Funktionelle Bedeutung der Halsrippen.

Um Sinn und Funktion der so auffallend stark verlängerten Halsrippen zu verstehen, erscheint mir als bester Weg, die Verhältnisse am Hals der Vögel — mit der gebotenen Vorsicht — vergleichend zu verwerten. Die Grundlage hierzu liefern die exakten Untersuchungen H. VIRCHOWS und die umfassende Abhandlung J. E. V. BOAS' (1929) über den Hals der Vögel. Wie BOAS zeigt, heften sich an den Enden der Halsrippen, z. B. bei *Struthio* und *Larus*, Sehnen des *M. longus colli* (anticus) an, der an ventralen Vorsprüngen der vorderen Rumpfwirbel und hinteren Halswirbel, den Hypapophysen oder paarigen Sublateralfortsätzen, entspringt, sowie von der Unterseite der „Ansae“, den von der Halsrippe, Dia- und Parapophyse gebildeten, das Foramen transversarium umschließenden Spangen. Die erstgenannten Fortsätze fehlen an den Wirbeln von *Brachiosaurus*, die „Ansae“ würden aber reichlich Fläche für den Ursprung des *M. longus colli* und seiner Sehnen geboten haben. Man darf sich wohl vorstellen, daß sich auch bei den Sauropoden die einzelnen Portionen des *M. longus colli* mit ihren Sehnen an die Enden der Halsrippen anhefteten. Die bei Krokodilen und Lacertiliern vorkommenden verschiedenen Schulterblattmuskeln, die von Halsrippen entspringen, mit in diese Betrachtung zu ziehen, erscheint mir wenig nutzbringend, da die Halsmuskulatur bei den langhalsigen Sauropoden sicherlich von der der kurzhalsigen Reptilien recht verschieden entwickelt gewesen war.

Abgesehen von den Beziehungen der Halsrippen zur Muskulatur müssen diese aber infolge der außerordentlichen Entwicklung ihrer Schäfte eine besondere mechanische funktionelle Bedeutung gehabt haben. Die Biegung der Halswirbelsäule vollzieht sich an den Gelenkstellen der Wirbelkörper. Wie biegsam die Halsrippen waren — und vermutlich waren sie das in höherem Maße als sonstige Knochen gleicher Stärke — und inwieweit sie durch eigene Biegung die Knickungen der Wirbelsäule an den Gelenkenden der Wirbelkörper mitmachen konnten, wissen wir nicht. Man gewinnt aber doch eine gewisse Vorstellung von dem Widerstand, den sie der Verbiegung entgegensetzten, wenn man die Größe der Rippenquerschnitte in der Gegend der Gelenkstelle zwischen zwei Wirbeln betrachtet. So hat

die Rippe des dritten Halswirbels an dessen hinterem Gelenkende einen schmal-ovalen Querschnitt, der etwa 15 mm lang und 7 mm breit ist; der entsprechende Rippenquerschnitt mißt beim 4ten Halswirbel 12×9 , beim 5ten 19×11 , beim 6ten 33×11 ; beim 7ten 31×10 , beim 9ten 29×12 , beim 10ten 27×15 , beim 11ten 26×13 , beim 12ten 22×15 mm. Diese Zahlen zeigen, daß die Rippen an der Biegungsstelle zwischen dem zugehörigen und dem nachfolgenden Wirbel den Charakter von recht kräftigen Stäben hatten, die der Durchbiegung erheblichen Widerstand entgegengesetzten. Sie verliefen ventral von den Rippenköpfen, versteiften im Zusammenwirken mit dem supraspinalen Ligament den Hals, auch wenn sie vielleicht innerhalb der Muskulatur oder anderen Geweben, dem sie eingelagert waren, in gewissem Grade ausweichen konnten und die Knickungen der Halswirbelsäule nicht völlig mitzumachen brauchten, und entlasteten die Streckmuskulatur beim Tragen des Halses. Die Zahlen zeigen ebenso wie die Zusammenstellung der Querschnittsbilder, daß entsprechend ihrer Beanspruchung die Halsrippen bis zum 10ten Wirbel stärker werden. Bei den beiden letzten, sich stark verkürzenden Halswirbeln werden auch die zugehörigen Rippen schnell kürzer und ihre Querschnitte verkleinern sich caudalwärts schneller, beides wohl im Zusammenhang mit der gesteigerten Beweglichkeit, die für den Hals der Sauropoden beim Übergang zum Rumpf anzunehmen ist. Die Versteifung der Halswirbelsäule durch die Rippen wird dadurch noch verstärkt, daß die außerordentlich langen Schäfte caudalwärts nicht nur über die Gelenkung mit dem nachfolgenden Wirbel, sondern meist noch über zwei weitere Gelenkstellen übergreifen. Während bei der 3ten Gelenkstelle der Rippenschaft natürlich sehr dünn ist, ist er bei der zweiten meist noch von beachtlicher Stärke; so ist hier der Querschnitt der Rippe des 7ten Wirbels 19 mm lang und 9 mm breit, bei der Rippe des 9ten Wirbels betragen diese Maße 18 und 12 mm, bei der folgenden Halsrippe 26 und 12 mm. Die meist sehr ausgeprägt breite Gestalt der Querschnitte an den Gelenkstellen gestattet weiterhin den Schluß, daß die Versteifung gegen laterale Verbiegung besonders wirksam war, also im gleichen Sinne, wie die steil gestellten Facetten der Zygapophysen.

Rippen der Rumpfwirbel.

Beschreibung.

F u n d SII (Abb. 89–106). Während der Ausgrabung zeigte sich, daß eine der ursprünglichen Anordnung entsprechende Lage der Rippen nicht zu erkennen war. Von der Erosion des Baches waren auch die Rippen, namentlich in distalen Abschnitten, erfaßt worden. Zahlreiche Stücke von ihnen konnten im Bachbett aufgelesen und später zum großen Teil zur Vervollständigung der Rippen benutzt werden. Bei der Ordnung der Rippen ergaben sich 11 verschiedene Rippen, also 11 Rippenpaare. Von den 22 Rippen waren in dem Material nicht nachzuweisen die rechten des 1ten, 7ten und 11ten und die linke des 5ten Paares. Es fanden sich keine Anhaltspunkte dafür, daß mehr als 11 Paare vorhanden gewesen sind. Aus der Tabelle ist zu ersehen, wie vollständig die einzelnen Rippen vorhanden sind, ferner auch, wie lang die unvollständigen Rippen für die Skelettreakonstruktion rekonstruiert wurden. Ganz erhalten sind links die 3te, und 4te, rechts die 8te Rippe.

Die vorhandenen Rumpfripen ließen sich unschwer nach gewissen, sich fortlaufend ändernden Merkmalen in ihrer richtigen Reihenfolge ordnen. Die stufenweise sich ändernde Form des Kopfabschnittes, die Krümmung der Schäfte und den großen Unterschied in ihrer Stärke veranschaulichen

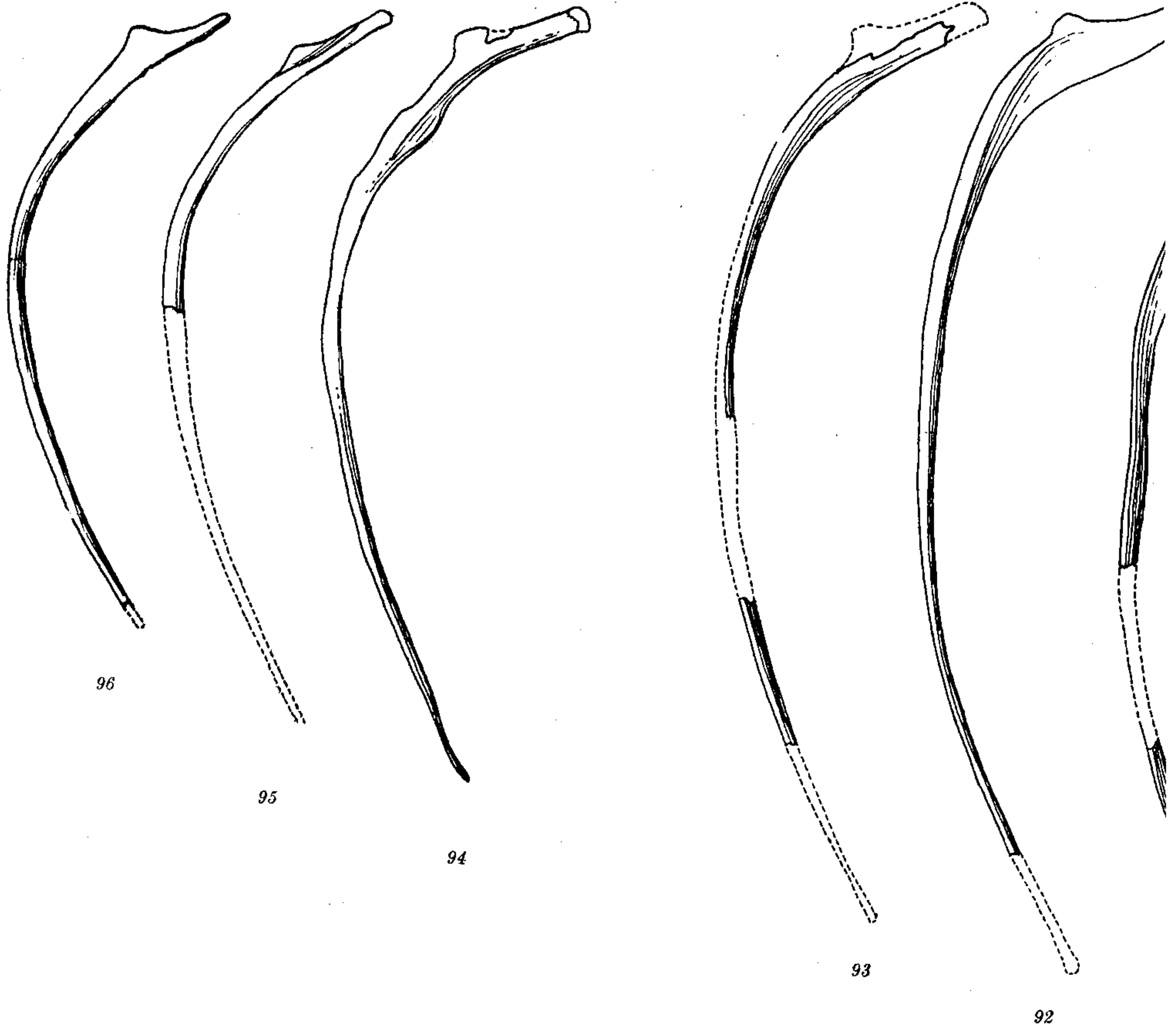
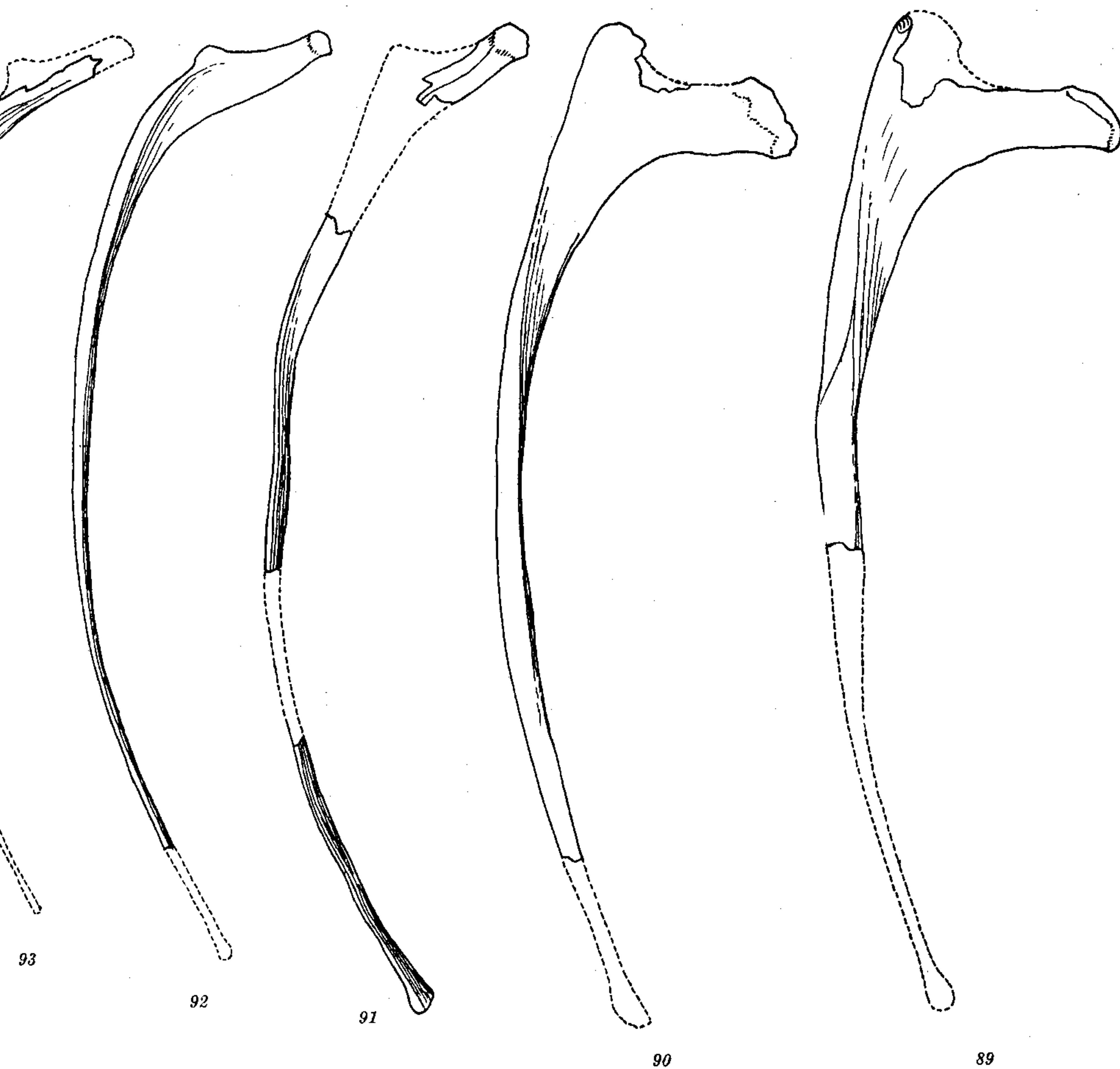


Abb. 89—96. Rechte Rippen des 2ten—6ten und 8ten—
Ansichten von vorn. $\frac{1}{16}$ nat. Gr.



chte Rippen des 2ten—6ten und 8ten—10ten Rumpfwirbels,
sichten von vorn. $\frac{1}{16}$ nat. Gr.

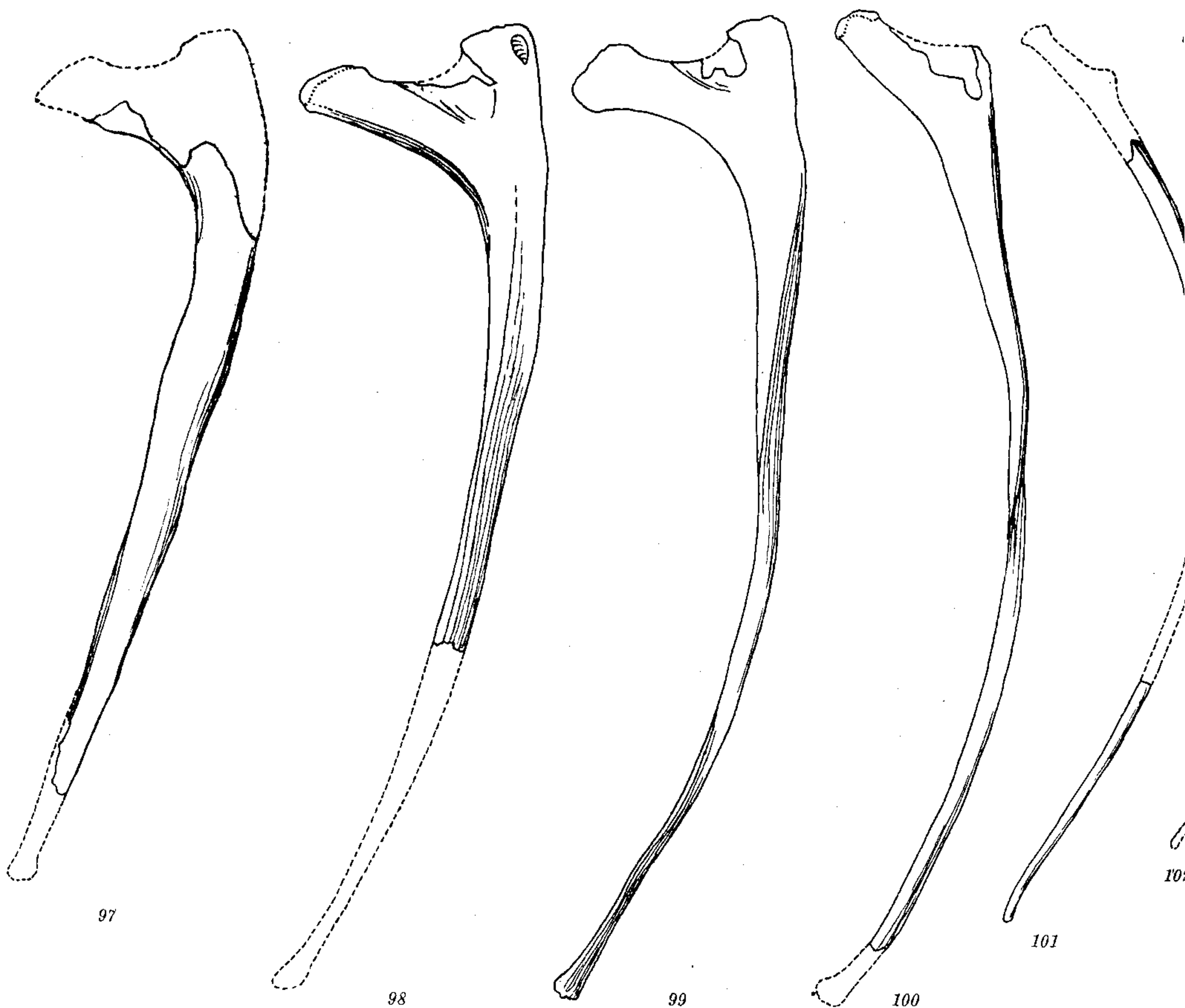
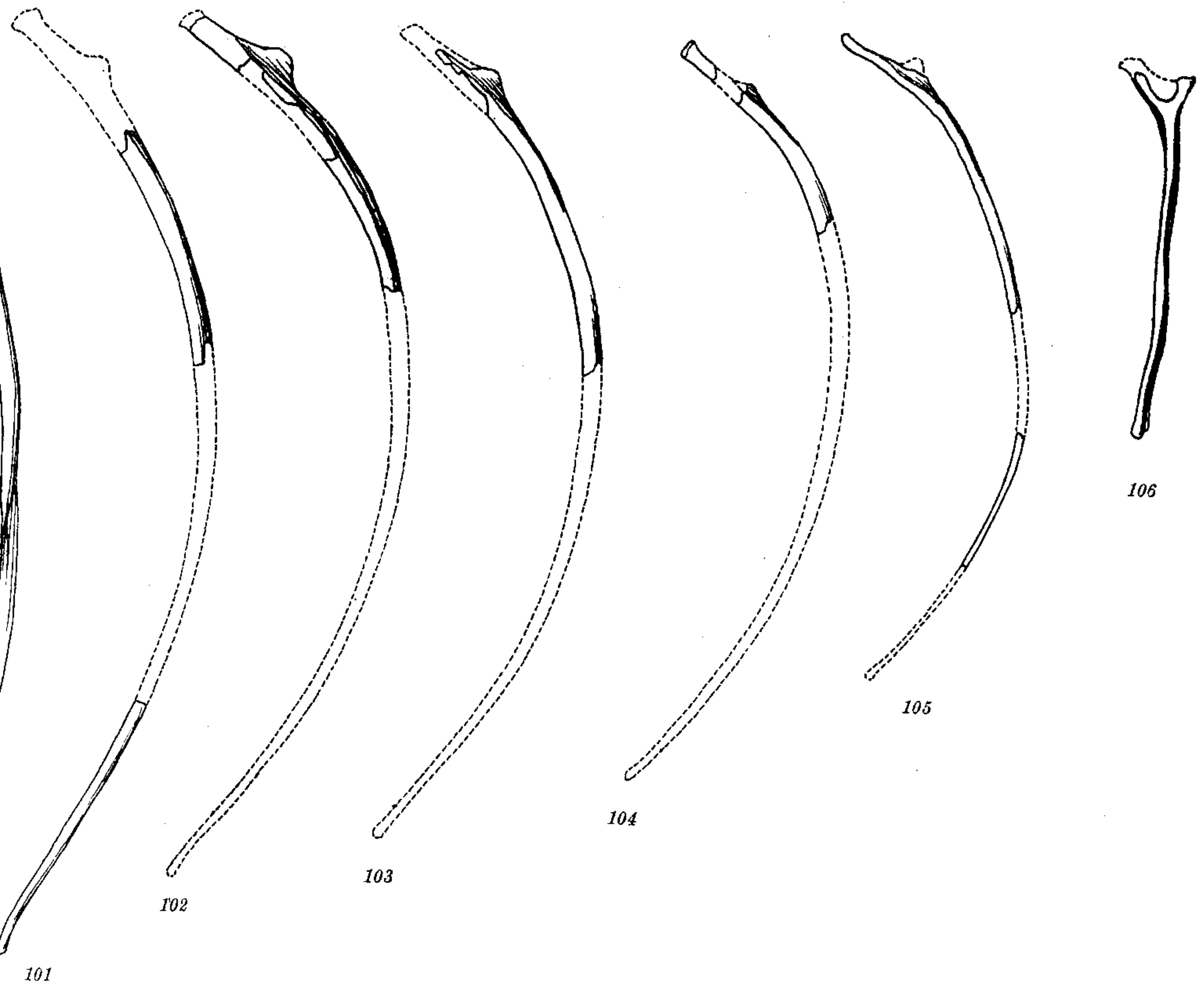


Abb. 97—106. Linke Rippen des 1ten—4ten un-
Ansichten von vorn. $\frac{1}{18}$ nat. Gr



Centra des 1ten—4ten und 6ten—11ten Rumpfwirbels;
von vorn. $\frac{1}{11}$ nat. Gr.

die Abbildungen 89–106. Die Gestalt ist von gleichem Charakter, wie bei anderen Gattungen von Sauropoden, von denen Rippen beschrieben sind. Hervorzuheben ist der sehr große Unterschied im Umfang des Proximalabschnittes und in der Stärke des Schaftes, dessen größte Breite von 16,0 cm bei der 3ten Rippe auf 4,3 cm, bei der 10ten herabgeht. Aus dem verschiedenen Grade der Krümmung der Rippenschäfte ist zu schließen, daß der Rumpfquerschnitt vorn schmaler war als hinten.

K a v e r n ö s e r B a u (Abb. 107, 108) ist am Kopf der stärksten Rumpfrippen festzustellen, besonders deutlich entwickelt bei der zweiten. Bei der rechten zweiten Rippe ist an dem äußerst leicht gebauten tuberkularen Ast auf der Vorderwand unmittelbar vor der oberen lateralen Ecke eine 9 cm lange, etwa eiförmige Tasche tief eingesenkt, und gleich medial daneben auf der Hinterseite findet sich eine oben tief einschneidende, nach unten sich verflachende Einsenkung. Bei der linken zweiten Rippe ist die Tasche auf der Vorderseite unten nicht so scharf umgrenzt. Diese Vertiefungen deute ich als Erscheinungen, die durch formativen Druck von Luftsäcken entstanden sind. Bei *Brachiosaurus altithorax* (RIGGS 1904) sitzt sogar im oberen Abschnitt des Schaftes ein großes Foramen, das zu einer inneren Höhlung führt und als pneumatisch zu deuten ist.

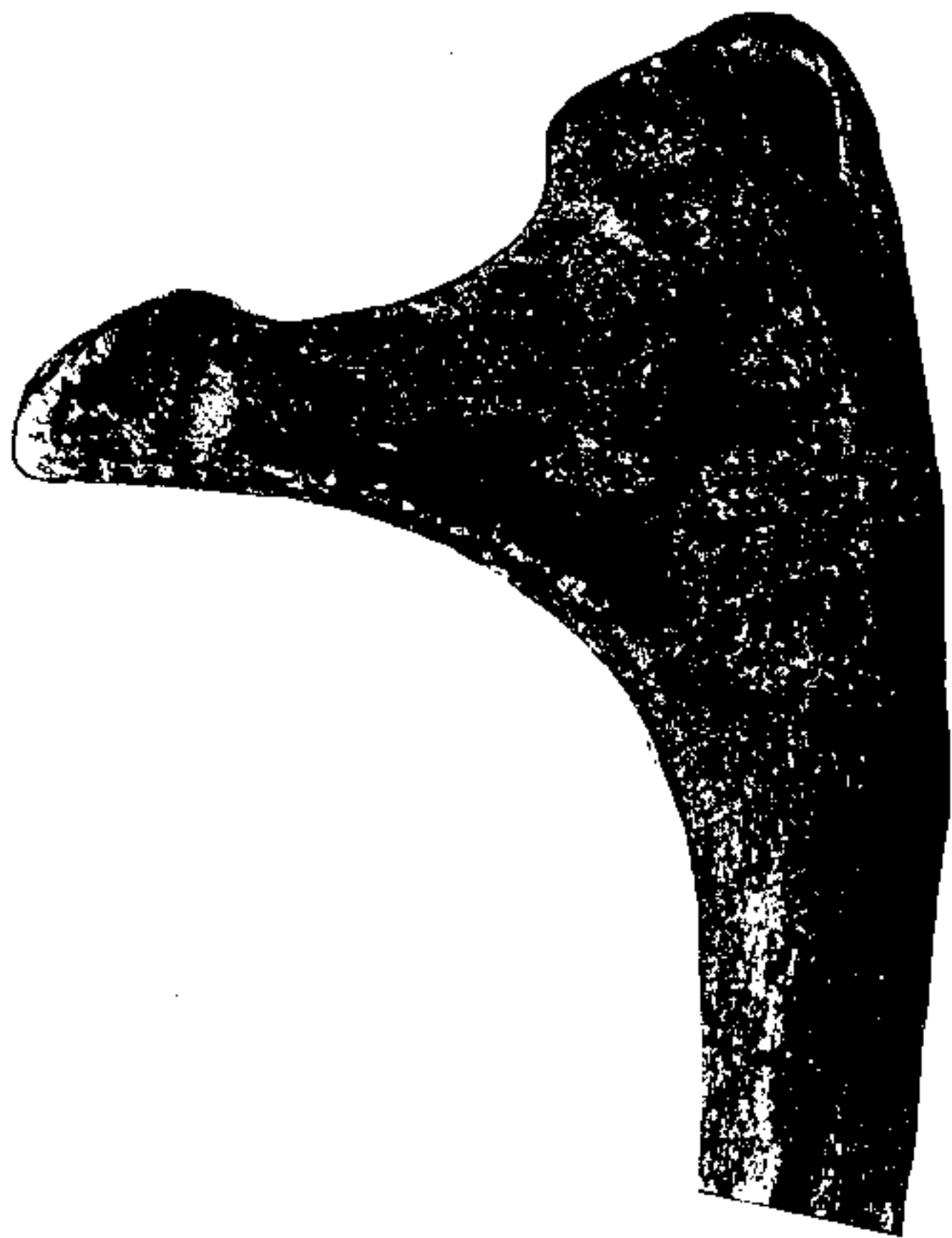


Abb. 107

Proximalabschnitt der 2ten linken Rumpfrippe
mit pneumatischer Höhlung im Tuberculum;
Ansicht von vorn. $\frac{1}{10}$ nat. Gr.

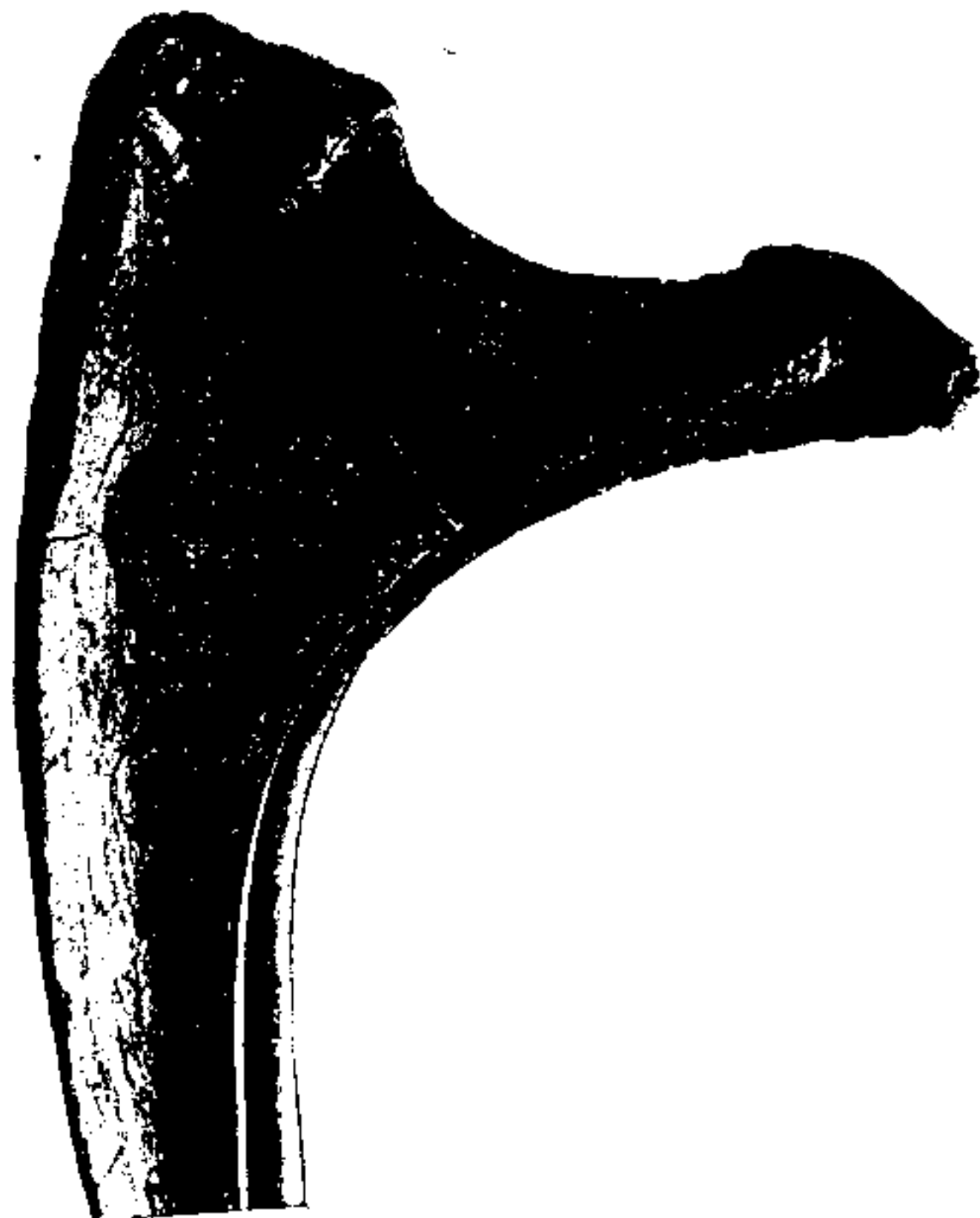


Abb. 108

Proximalabschnitt derselben Rippe mit
pneumatischen Höhlungen im Tuberculum;
Ansicht von hinten. $\frac{1}{10}$ nat. Gr.

Maße der Rumpfrippen von Fund S II in cm.

Rippe	Länge über Wölbung: Tuberculum — Distalende		Länge, geradlinig: Capitulum — Distalende		Geringste Breite (Distal- abschnitt)	Größte Breite (Mittel- abschnitt)	Proximale Breite: Capitulum — Tuberculum
	erhalten	ergänzt	erhalten	ergänzt			
1 rechts		228		223		11,7 ±	
links							
2 rechts	140 +	261		229		11,9	68
links	161 +	258		229		11,6	63
3 rechts	208 +	262		255		15,9	62
links	263		255		10,8	16,0	62
4 rechts		260		249	6,3	9,7	
links	260		249		5,9	10,0	46
5 rechts	235 +	254		240	6,5	7,8	40
links							
6 rechts		237		224			
links		239		226	4,2	6,9	
7 rechts							
links		227		211		5,0	32 +
8 rechts	204		192		3,0		34
links		210		197		5,0	32 (+)
9 rechts	88 +	188		175		5,2	29
links		194		179			
10 rechts	144 +	167		152	2,8	4,3	
links		172		157		4,4	
11 rechts							
links	87 +	92		95	2,8	5,0	

Vergleich.

Das von anderen Funden vorhandene Material an Rumpfrippen von *Brachiosaurus brancai* ist nicht bedeutend, so daß von einer vergleichenden Besprechung abgesehen wird. Dagegen sind einige Angaben RIGGS (1904) über die Rippen des amerikanischen *Brachiosaurus altithorax* von Interesse. Die Länge einer mittleren, schlanken Rippe dieser Art beträgt 274,5 cm, übertrifft also die größte gemessene Länge bei *B. brancai*, 263 cm bei der dritten Rippe, um 11,5 cm. Noch bedeutender ist der Unterschied in der Breite des Schaftes, die RIGGS von einer Rippe mit 20,4 cm angibt, gegenüber der größten Breite von 16 cm bei *B. brancai*. Von *Camarasaurus supremus* COPE geben OSBORN und MOOK eine größte Länge von 216 cm bei der 5ten Rippe an. Bei dem riesigen *Apatosaurus luisae* maß GILMORE (1936) eine größte Länge von 213 cm bei der 5ten Rippe, also bedeutend weniger, als bei *Brachiosaurus*.

Die Verschiedenheit in der Stärke der Rippen ist bei keiner anderen Sauropodengattung, von der diese gut bekannt sind, so stark und auffällig, wie bei *Brachiosaurus*. Die Verteilung der maximalen Stärke innerhalb des Rippenkorbes bei den verschiedenen Gattungen zeigt erhebliche und bemerkens-

werte Unterschiede. Besonders stark weicht darin *Dicraeosaurus* von *Brachiosaurus* ab, indem bei jenem die ersten beiden Rippen außerordentlich schwach, am stärksten die 4te, 5te und 6te Rippe sind. *Apatosaurus* ist wiederum *Brachiosaurus* ähnlicher, denn bei *A. louisae* sind die 2te bis 4te Rippe, bei *A. excelsus* (nach RIGGS 1903) die 2te und 3te Rippe die kräftigsten. *Diplodocus* verhält sich wieder abweichend, bei *D. longus* sind die 4te bis 6te Rippe am stärksten, wie bei *Dicraeosaurus*. Die Gattung *Camarasaurus*, die *Brachiosaurus* von den gut bekannten Gattungen verwandtschaftlich am nächsten steht, aber einen viel kürzeren Hals hat, unterscheidet sich in der Verteilung der Rippenstärke recht erheblich von diesem. Bei *C. lentus* (nach GILMORE) ist die 5te Rippe die stärkste, bei den von OSBORN und MOKK aus dem großen COPESchen Material zusammengestellten Rippenserien von *C. supremus* findet sich die größte Rippenstärke unmittelbar vor oder in der Mitte des Rippenkorbes.

Bedeutung der Unterschiede der Rippenstärke.

Wenn man versucht, den auffallenden Unterschied in der Stärke zwischen den vordersten und den hinteren Rumpfrippen von *Brachiosaurus* zu deuten, dann liegt es nahe, die Verhältnisse der Rippenstärke bei Huftieren vergleichend zu betrachten. Bei ihnen befindet sich nämlich gleichfalls ein Unterschied in der Stärke zwischen vorderen und hinteren Rumpfrippen vielfach stark ausgeprägt. Besonders auffallend ist er bei der Giraffe, deren hinterste Rippen ausnehmend dünn sind, was in Anbetracht der Analogie in der äußeren Erscheinung mit *Brachiosaurus* bemerkenswert erscheint. Die breiten echten Rippen der Huftiere haben, wie für das Rind J. U. DUERST (1931) hervorhebt, in erster Linie eine Tragfunktion im Aufhängeapparat der Vordergliedmaßen, eine Funktion, bei der die Schultermuskulatur sich betätigt. Es ist aber zu beachten, daß bei den Reptilien die Verbindung zwischen Rippenkorb und Vordergliedmaßen dadurch fester konstruiert ist als bei den Huftieren, daß der Schultergürtel mittels der Coracoide mit dem Brustkorb direkt verbunden ist. Eine Aufhängung des Rippenkorbes muß demnach bei den Reptilien weniger ausgeprägt sein. Auch der Umstand, daß innerhalb der Sauropoden im Gegensatz zu den Huftieren sehr bedeutende Unterschiede in der Verteilung der verschiedenen Rippenstärke auftreten, wie es besonders klar die Gegenüberstellung von *Brachiosaurus* und *Dicraeosaurus* zeigt, macht es wahrscheinlich, daß die Unterschiede der Rippenstärke bei Huftieren und Sauropoden nicht ganz gleichartig zu beurteilen sind.

Daß bei *Brachiosaurus* die ersten Rumpfrippen die stärksten sind, erklärt sich wohl zum großen Teil damit, daß auf ihnen auf dem Wege über die vordersten Brustwirbel das Gewicht des riesigen Halses besonders lastete. Das mußte sich geltend machen sowohl beim Stand oder Gang wie auch besonders beim Liegen, wenn der Vorderrumpf auf den Sternalplatten ruhte. Der Hals von *Apatosaurus* war zwar nicht ähnlich lang, wie der von *Brachiosaurus*, dafür verliehen ihm die weitspannenden Köpfe der Halsrippen, einen so bedeutenden Querschnitt, daß das Gewicht des Halses, selbst wenn, wie ich vermute, in ihm geräumige Luftsäcke gelegen haben, sicherlich sehr groß gewesen sein muß und der Stärke der vorderen Rumpfrippen sich in gleicher Weise erklären läßt wie bei *Brachiosaurus*. Der extrem langhalsige *Helopus* aus der unteren Kreide von Schantung (C. WIMAN 1929) hat eine besonders kräftige dritte Rumpfrippe, das steht durchaus im Einklang mit den Verhältnissen bei *Brachiosaurus*.

Daß, abgesehen von dieser mechanischen Druckbeanspruchung, die Breite der vorderen Rumpfrippen bei *Brachiosaurus* auch in ursächlichem Zusammenhang stand mit einer starken Entwicklung und Betätigung der am Schulterblatt ansetzenden, von den vorderen Rippen kommenden Muskeln (*M. serratus superficialis* und *M. serratus profundus*), ist, da sie bei den lang- und schwerhalsigen Gat-

tungen wohl mehr zu leisten hatten als bei den kurzhalsigen, anzunehmen, scheint mir aber doch nicht der Hauptgrund für jene Rippenverbreiterung gewesen zu sein.

Zu beachten ist noch der Umstand, daß die vorderen Rippen von *Brachiosaurus altithorax* noch breiter sind als die von *B. brancai*. Das hängt vielleicht damit zusammen, daß die Rumpfwirbel der amerikanischen Art merklich länger sind als die der afrikanischen. Da bei größerer Länge des Rumpfwirbels auf die zugehörige Rippe ein längerer Rumpfabschnitt entfällt, so wird hierdurch neben der Belastung durch den Hals die einzelne Rippe stärker belastet als die Rippe eines kürzeren Wirbels.

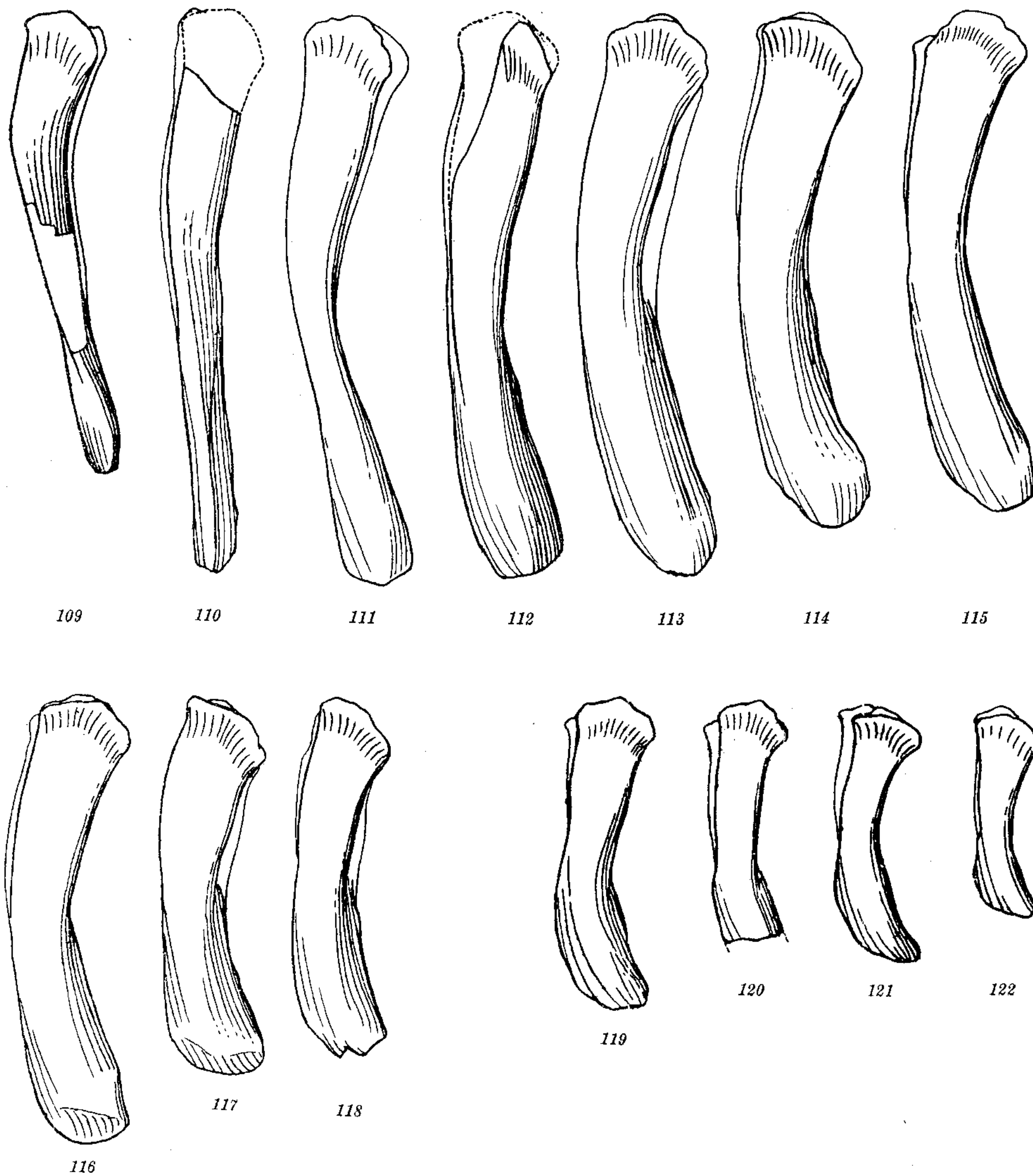
Hämapophysen.

Hämapophysen von Fund Aa (Abb. 109–136). Vorhanden sind die Hämapophysen zu 16 Schwanzwirbeln oder Teile von solchen. Die Zuweisung zu den zugehörigen Wirbeln konnte auf Grund der Fundlage am Wirbelkörper oder durch Einreihung gemäß den Abwandlungen ihrer Formen und Maße mit erheblicher Sicherheit durchgeführt werden. Die Hämapophysen verteilen sich auf die Wirbel vom 2ten bis 17ten. Ein einzelner rechter Gabelast kann auf die Hämapophyse des 2ten Wirbels bezogen werden. Eine Hämapophyse des ersten Schwanzwirbels scheint nicht vorhanden gewesen zu sein, wofür auch der Mangel einer Andeutung einer zugehörigen Facette am ersten Wirbelkörper spricht. Auch bei *Diplodocus* fehlt nach OSBORN (1899) eine Hämapophyse I, während RIGGS (1903) für *Apatosaurus excelsus* das Vorhandensein einer solchen für möglich hält und C. W. GILMORE (1936) sie für *Apatosaurus louisae* angibt.

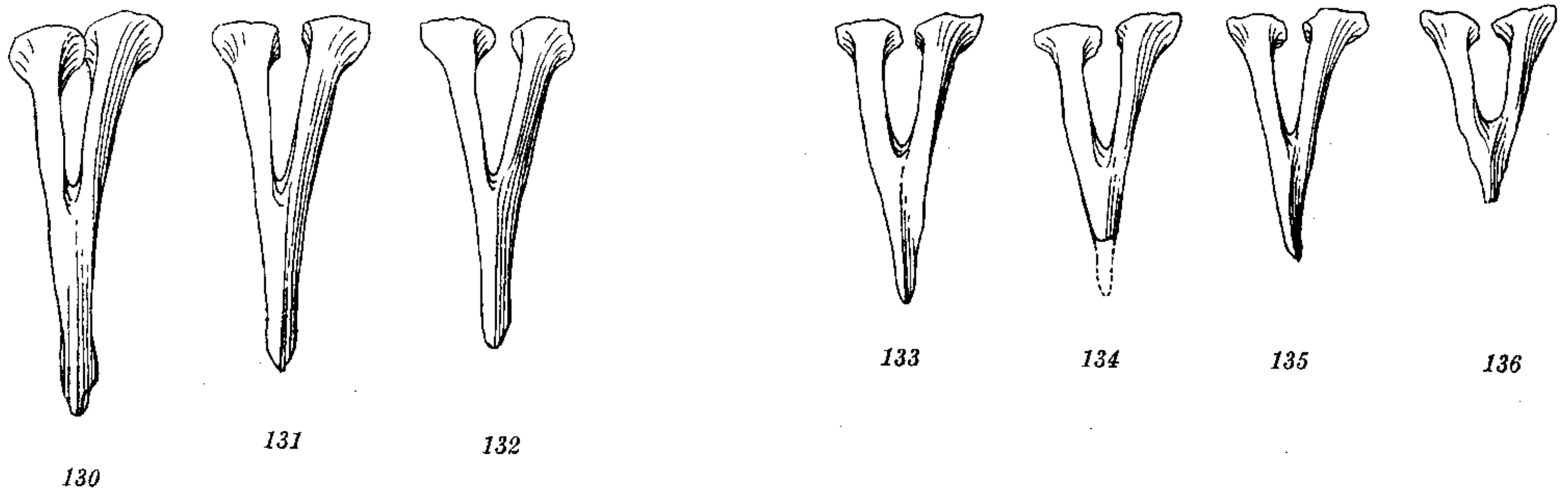
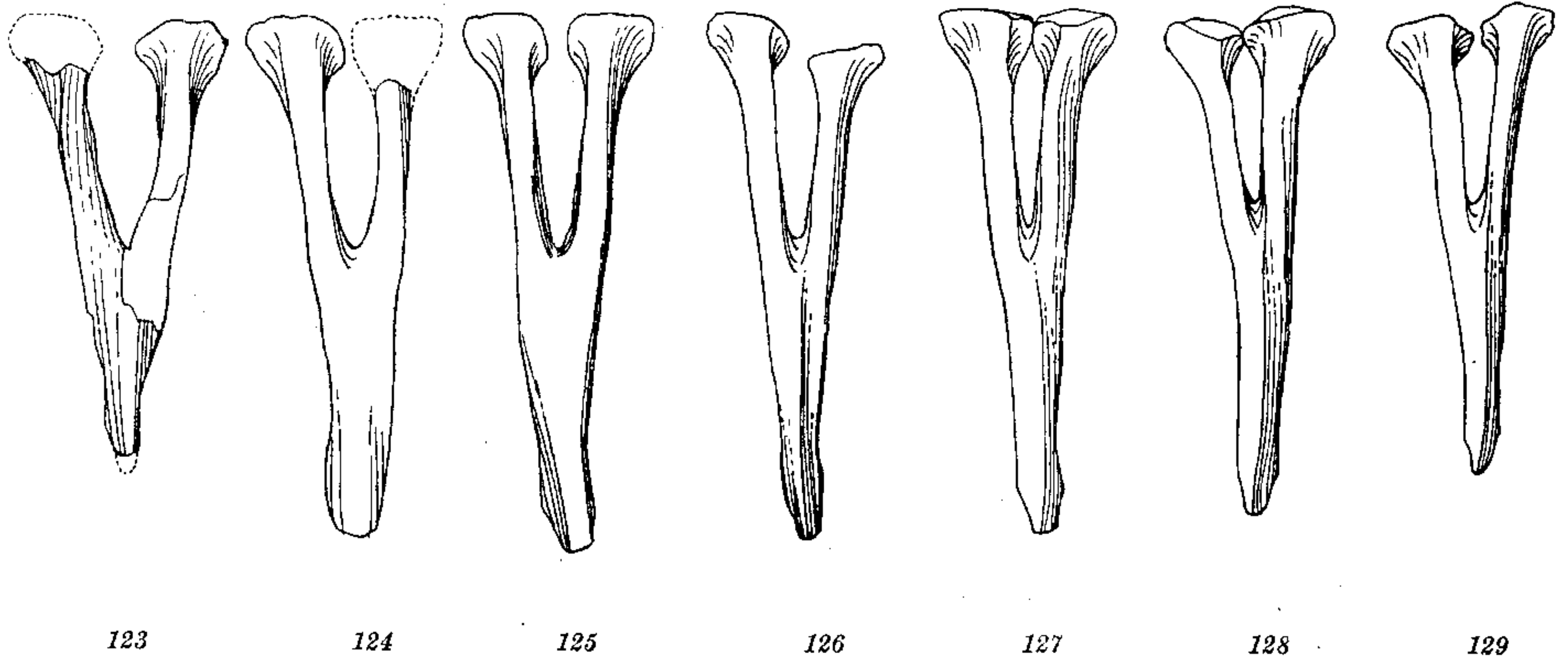
Die Einzelheiten der Form und ihre Abwandlung in der Serie sind aus den Abbildungen zu ersehen. An allen Hämapophysen bleiben die Gabeläste proximal frei, sind also nicht durch eine Brücke verbunden.

Hämapophysen von Fund no. Von dem Fund no sind 8 Hämapophysen vorderer Schwanzwirbel vorhanden und eine, die wesentlich weiter hinten ihren Platz hatte und am Skelett am 19ten Schwanzwirbel angebracht worden ist. An der Skelettrekonstruktion sind die acht vorderen Hämapophysen an den Schwanzwirbeln Nr. 3 bis 10 angebracht. Im wesentlichen stimmen die Hämapophysen von no durchaus mit denen von Aa überein, sie weichen nur darin etwas ab, daß bei no der distale Schaft im Verhältnis zur Tiefe des Hämalkanals merklich länger ist. Die Längenmaße sind größer als bei Aa, da Skelett no erheblich größer gewesen sein muß.

Die verschiedenen Gattungen von Sauropoden unterscheiden sich bemerkenswert darin, daß bei der einen der Hämalkanal der Hämapophysen durchgehends offen, bei anderen dagegen zumindest bei einer längeren Reihe der vorderen Hämapophysen oben durch eine die Gabeläste verbindende Brücke geschlossen ist. Zur ersten Gruppe gehört außer *Brachiosaurus* die ihm verwandtschaftlich am nächsten stehende Gattung *Camarasaurus*, ferner *Haplacanthasaurus*, zur anderen Gruppe gehören *Diplodocus*, *Apatosaurus*, *Dicraeosaurus*. Es zeigt sich damit, daß die Gattungen mit verhältnismäßigen niedrigen Neurapophysen der Schwanzwirbel oben offene Hämapophysen aufweisen, während die Gattungen mit hohen Neurapophysen oben geschlossene Hämapophysen haben. Die Ausbildung der Brücke zwischen den Gabelästen bedeutet wohl nicht mehr als die Vergrößerung der Anlagefläche an den Wirbelkörpern der zugehörigen Schwanzwirbel. Es mag dadurch eine etwas starrere Verbindung hergestellt gewesen sein, wie eben auch die höheren Neurapophysen die Beweglichkeit der Wirbel gegeneinander stärker gehemmt haben dürften als die niedrigeren. Daß darüber hinaus gleicher Typ der Hämapophysen auch verwandtschaftliche Beziehungen anzeigt, erscheint nicht ausgeschlossen.



Hämapophysen (Fund Aa), Ansichten von der linken Seite $\frac{1}{4}$ nat. Gr.
 Abb. 109—118. Hämapophysen 3—12.
 Abb. 119—122. Hämapophysen 14—17.



Hämaphysen (Fund Aa), Ansichten von vorn. $\frac{1}{4}$ nat. Gr.
Abb. 123—132. Hämaphysen 3—12.
Abb. 133—136. Hämaphysen 14—17.

Zusammenfassung der Ergebnisse.

Als wahrscheinliche Wirbelformel ergab sich: 24 Präsakralwirbel, 5 Sakralwirbel, mindestens 50 Schwanzwirbel. Von den Präsakralwirbeln gehören 13 dem Hals, 11 dem Rumpf an. Die Zahl etwa fehlender stäbchenförmiger Endwirbel des Schwanzes ist nicht zu schätzen. Die Halswirbel sind mit Ausnahme der ersten und letzten in hohem Maße verlängert. Die freie Länge (ohne Condylus) der Wirbelkörper erreicht beim 8ten bis 11ten Halswirbel fast die dreifache derjenigen der mittleren Rumpfwirbel.

Die sehr stark kavernösen Wirbelkörper der präsakralen Wirbel besitzen vom Epistropheus ab in ihren pleurozentralen Gruben, die sie bis auf eine mediane Wand aushöhlen, und in der großzelligen Struktur der Kondylen ausgeprägt pneumatischen Charakter. Die äußere Architektur der präsakralen Wirbel ist hochgradig spezialisiert durch weitgehende Verfeinerung der Leisten, tiefeinspringende Nischen zwischen diesen, durch Ausbildung von Außenkavernen und Leisten zweiter Ordnung. Die Neurapophysen sind offenbar sämtlich ungeteilt, im Hals niedrig knopfförmig, im Rumpf und Sakrum mäßig hoch, am höchsten an den Wirbeln vor der Rumpfmittle. Am Sakrum sind die verhältnismäßig langen Seitenfortsätze bezeichnend. Der Schwanz ist verhältnismäßig kurz, die mittleren Wirbel sind nicht verlängert, die hinteren stäbchenförmig und verkürzt. Der Bau der Schwanzwirbel ist einfach, ursprünglich, ohne Übergreifen der präsakralen Merkmale, der Pleurocöle und der seitlichen Leisten an den niedrigen Neurapophysen. Die Wirbelkörper sind etwas bikonkav, fast ohne seitliche Kanten, die Seitenfortsätze schwach entwickelt, an den vorderen Wirbeln nicht plattig verbreitert.

Die Halsrippen sind außerordentlich lang, sie versteifen die Halswirbel, besonders gegen laterale Biegung. Die Rippen des Epistropheus weisen eine Differenzierung auf, die vielleicht als sekundärer Geschlechtsunterschied zu deuten ist. Bei der zweiten und dritten Rumpfrippe ist der Kopf etwas kavernös. Von den Rippen des Rumpfes übertreffen die vordersten in hohem Grade an Stärke die sehr schwachen hinteren.

Die Gelenkverbindungen zwischen dem 2ten und 3ten Präsakralwirbel gestatteten vielseitige Bewegung; bei dem Hauptteil der übrigen Halswirbel und den mittleren und hinteren Rumpfwirbeln sowie bei den vordersten Schwanzwirbeln war nur sagittale Beugung möglich.

Brachiosaurus brancai stimmt in der Wirbelsäule mit der amerikanischen Art *B. altithorax* weitgehend überein. Von anderen Formen mit ungespaltener Neurapophyse kommt ihm am nächsten der Rumpfwirbel von *Ornithopsis (Pelorosaurus) hulkei* SEELY aus dem englischen Wealden. Bei der durch den Schädelbau als verwandt mit *Brachiosaurus* erwiesenen Gattung *Camarasaurus* mit größtenteils bifiden Präsakralwirbeln sind die hinteren Rumpfwirbel und die Schwanzwirbel denen von *Brachiosaurus* ähnlich.

Literatur.

- BOAS, J. E. V. 1929: Biologisch-Anatomische Studien über den Hals der Vögel. Kgl. Danske Vidensk. Selsk. Skrifter, naturv. og math. Affd. 9., I, 3. S. 10—222.
- BROILI, F. u. J. SCHRÖDER. 1934: Beobachtungen an Wirbeltieren der Karooformation V. Über *Chasmatosaurus van hoepeni* HAUGHTON. Sitzber. Bayer. Ak. Wiss., Math.-naturw. Abt. 1934. 209—264.
- DUERST, J. U. 1931: Grundlagen der Rinderzucht. Berlin.
- GILMORE, C. W. 1907: The Type of the Jurassic Reptile *Morosaurus agilis* redescribed, with a Note on *Camplosaurus*. Proc. U.S. Nat. Mus. 32, 151—165.
- — 1925: A nearly complete articulated Skeleton of *Camarasaurus*, a Saurischian Dinosaur from the Dinosaur National Monument, Utah. Mem. Carnegie Mus. 10, 347—382.
- — 1932: On a newly mounted Skeleton of *Diplodocus* in the United States National Museum. Proc. U.S. Nat. Mus. 81, Art. 18, 1—21.
- — 1936: Osteology of *Apatosaurus*, with special Reference to Specimens in the Carnegie Museum. Mem. Carn. Mus. 11, 175—271.
- HATCHER, J. B. 1903: Osteology of *Haplocanthosaurus*, with Description of a new species, and Remarks of the probable Habits of the *Sauropoda* and the Age and Origin of the *Atlantosaurus* Beds. Mem. Carnegie Mus. 2 1—72.
- HENNIG, E. 1937: Der Sedimentstreifen des Lindi-Kilwa-Hinterlandes (Deutsch-Ostafrika). Palaeontogr. Suppl. VII. 2. Reihe, Teil 2, 99—186.
- HOLLAND, W. J. 1924: Description of the Type of *Uintasaurus douglassi* HOLLAND. Ann. Carn. Mus. 15, 119—138.
- FRHR. v. HUENE, F. 1922: Über einen Sauropoden im oberen Malm des Berner Jura. Eclog. geol. Helv. 17, 80—94.
- — 1927: Sichtung der Grundlagen der jetzigen Kenntnis der Sauropoden. Eclogae geol. Helv. 20, 443—470.
- — 1929: Los Saurisquios y Ornitisquios del Cretaceo Argentino. Anal. Mus. La Plata 3, ser. 2, 1—196.
- — 1932: Die fossile Reptil-Ordnung *Saurischia*, ihre Entwicklung und Geschichte. Monogr. Geol. u. Palaeont. Ser. 1, Heft 4, S. 1—361.
- HULKE, J. W. 1879: Note (3rd) on (*Eucamerotus*, HULKE) *Ornithopsis*, H. G. SEELY = *Bothriospondylus magnus*, OWEN = *Chondrosteosaurus magnus*, OWEN. Quart. Journ. Geol. Soc. London. 35, 752. 762.
- — 1880: Supplementary Note on the Vertebrae of *Ornithopsis* SEELY = *Eucamerotus* HULKE. Quart. Journ. Geol. Soc. London. 36, 31—35.
- JANENSCH, W. 1914: Übersicht über die Wirbeltierfauna der Tendaguruschichten, nebst einer kurzen Charakterisierung der neu aufgestellten Arten von Sauropoden. Arch. f. Biontol. 3, 79—110.
- — 1929: Material und Formengehalt der Sauropoden in der Ausbeute der Tendaguru-Expedition. Palaeontogr. Suppl. VII, 1. Reihe, Teil 2, 1—34.
- — 1929a: Die Wirbelsäule der Gattung *Dicraeosaurus*. Palaeontogr. Suppl. VII, 1. Reihe, Teil 2, 35—133.
- — 1935: Die Schädel der Sauropoden *Brachiosaurus*, *Barosaurus* und *Dicraeosaurus* aus den Tendaguru-Schichten Deutsch-Ostafrikas. Palaeontogr. Suppl. VII, 1. Reihe, Teil 2, 145—297.
- — 1947: Pneumatizität bei Wirbeln von Sauropoden und anderen Saurischiern. Palaeontogr. Suppl. VII, 1. Reihe, Teil 3, 1—25.
- MARSH, O. C. 1896: The Dinosaurs of North America. 16. Ann. Rep. U.S. Geol. Surv.
- OSBORN, H. F. 1899: A Skeleton of *Diplodocus*. Mem. Amer. Mus. Nat. History. 1, 191—214.
- OSBORN, H. F. u. MOOK, C. Ch. 1921: *Camarasaurus*, *Amphicoelias* and other Sauropods of Cope. Mem. Am. Mus. Nat. Hist. Ser. III. 249—387.
- OWEN, R. 1875: Monograph on the Genus *Bothriospondylus*. A Monograph on the fossil Reptilia of the Mesozoic Formations, 15—26. Palaeont. Soc. London.
- PETERSON, A. O. u. GILMORE C. W. 1902: *Elosaurus parvus*; a new Genus and Species of the *Sauropoda*. Ann. Carnegie Mus. 1, 490—499.
- PEYER, B. 1931: Die Triasfauna der Tessiner Kalkalpen. II. *Tanystropheus longobardicus*. Bass. sp. Abh. Schweiz. Palaeontol. Ges. 50, 7—110.
- — 1937: Die Triasfauna der Tessiner Kalkalpen. XII. *Macrocnemus bassanii* NOPCSA. Abh. Schweiz. Palaeontol. Ges. 59, 1—140.
- RIGGS, E. S. 1903: Structure and Relationships of Opisthocoelian Dinosaurs. I. *Apatosaurus* MARSH. Field Columb. Mus. Publ. 82. Geol. Ser. II No. 4, 165—196.
- — 1904: The *Brachiosauridae*. Field Columb. Mus. Publ. 94. Geol. Ser. II, Nr. 6, 227—247.
- THEVENIN, A. 1907: Paléontologie de Madagascar. IV. Dinosauriens. Ann. de Paléont. 2, 1—16.
- WIMAN, C. 1929: Die Kreidedinosaurier aus Shantung. Palaeontologia Sinica. Ser. C. 6, 1—67.
- WOODWARD, A. SMITH. 1905: On Parts of the Skeleton of *Cetiosaurus leedsi*, a Sauropodous Dinosaur from the Oxford Clay of Peterborough. Proc. Zool. Soc. London 1905, I, 232—243.

Tafelerklärungen.

Taf. I.

- Präsakrale Wirbel von *Brachiosaurus brancai*, $\frac{1}{10}$ nat. Gr.
 Fig. 1. Epistropheus (Fund be 1).
 Fig. 2. 3ter Halswirbel (Fund be 2).
 Fig. 3. 4ter Halswirbel (Fund be 3).
 Fig. 4. Epistropheus (Fund be 1), Hinteransicht.
 Fig. 5. 3ter Halswirbel (Fund be 2), Vorderansicht.
 Fig. 6. 3ter Halswirbel (Fund be 2), Hinteransicht.
 Fig. 7. 4ter Halswirbel (Fund be 3), Hinteransicht.
 Fig. 8. Mittlerer Halswirbel (Fund Y 4).
 Fig. 9. Hinterer Rumpfwirbel (Fund A R 1), Vorderansicht.
 Fig. 10. Derselbe Rumpfwirbel. Rechte Seitenansicht.
 Fig. 11. Derselbe Rumpfwirbel. Hinteransicht.

Taf. II.

- Schwanzwirbel von *Brachiosaurus brancai* (Fund Aa), $\frac{1}{10}$ nat. Gr.
 Fig. 1a–18a. Vorderansichten des 1ten–18ten Schwanzwirbels.
 Fig. 1b–18b. Rechte Seitenansichten des 1ten–18ten Schwanzwirbels.
 Fig. 1c–18c. Hinteransichten des 1ten–18ten Schwanzwirbels.

Taf. III.

- Schwanzwirbel von *Brachiosaurus brancai* (Fund D), Annähernd $\frac{1}{10}$ nat. Gr.
 Fig. 1–23. 1ter–23ster Schwanzwirbel, Seitenansichten.
 Fig. 24. Hinterer Schwanzwirbel, vom 23ten Schwanzwirbel durch eine Lücke getrennt, Seitenansicht.
 Fig. 25–29. Hinterer Schwanzwirbel, von Fig. 24 durch eine Lücke getrennt.
 Fig. 30–36. 1ter, 2ter, 9ter, 11ter, 16ter, 20ter, 23ter Schwanzwirbel, Vorderansichten.
 Fig. 37. Derselbe Schwanzwirbel wie Fig. 27, Vorderansicht.
 Fig. 38–44. 1ter, 3ter, 9ter, 11ter, 16ter, 20ter, 23ter Schwanzwirbel, Hinteransichten.
 Fig. 45. Derselbe Schwanzwirbel wie Fig. 27, Hinteransicht.

Taf. IV.

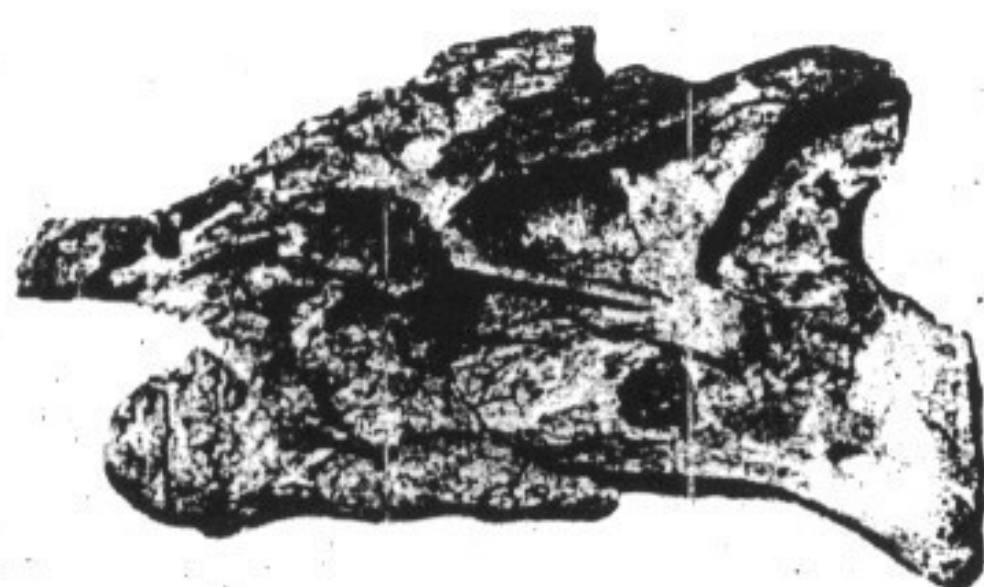
- Schwanzwirbelsäule von *Brachiosaurus brancai* (Fund no), etwa $\frac{1}{40}$ nat. Gr.

Taf. V.

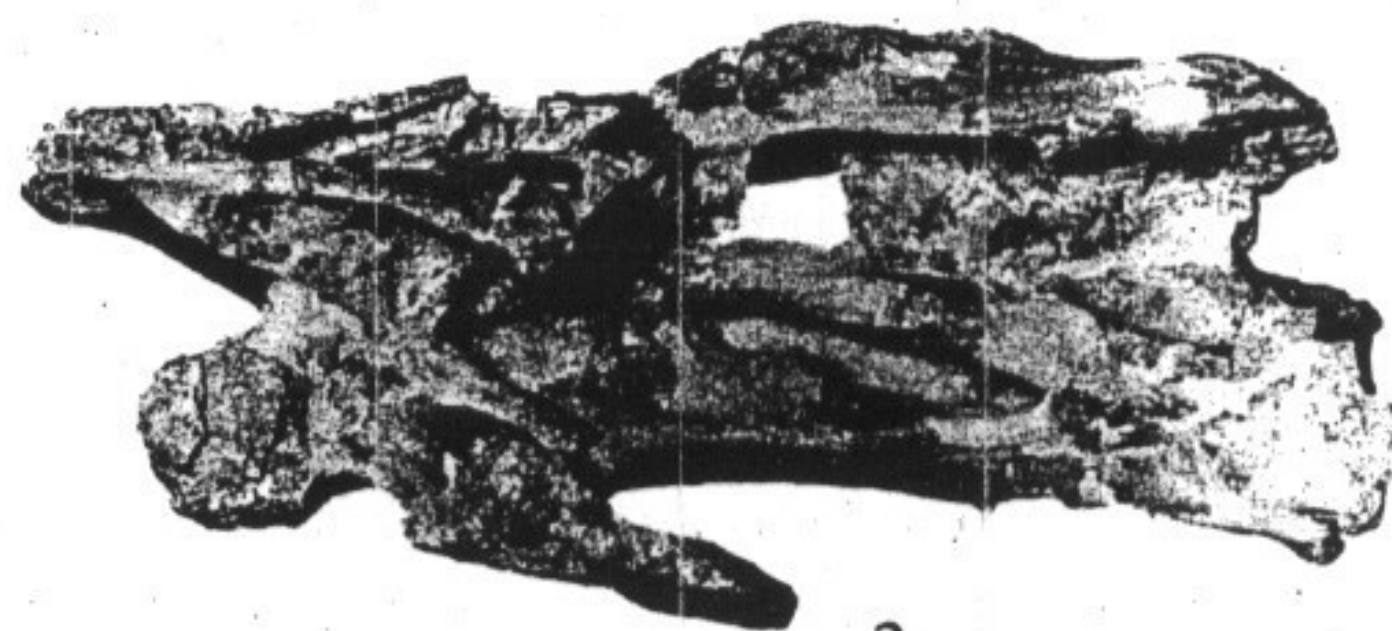
- Rippenkorb der Skelettrekonstruktion von *Brachiosaurus brancai* im Lichthof des geol. paläontol. Instituts u. Museums (Museum für Naturkunde) zu Berlin. Etwa $\frac{1}{20}$ nat. Gr.



1



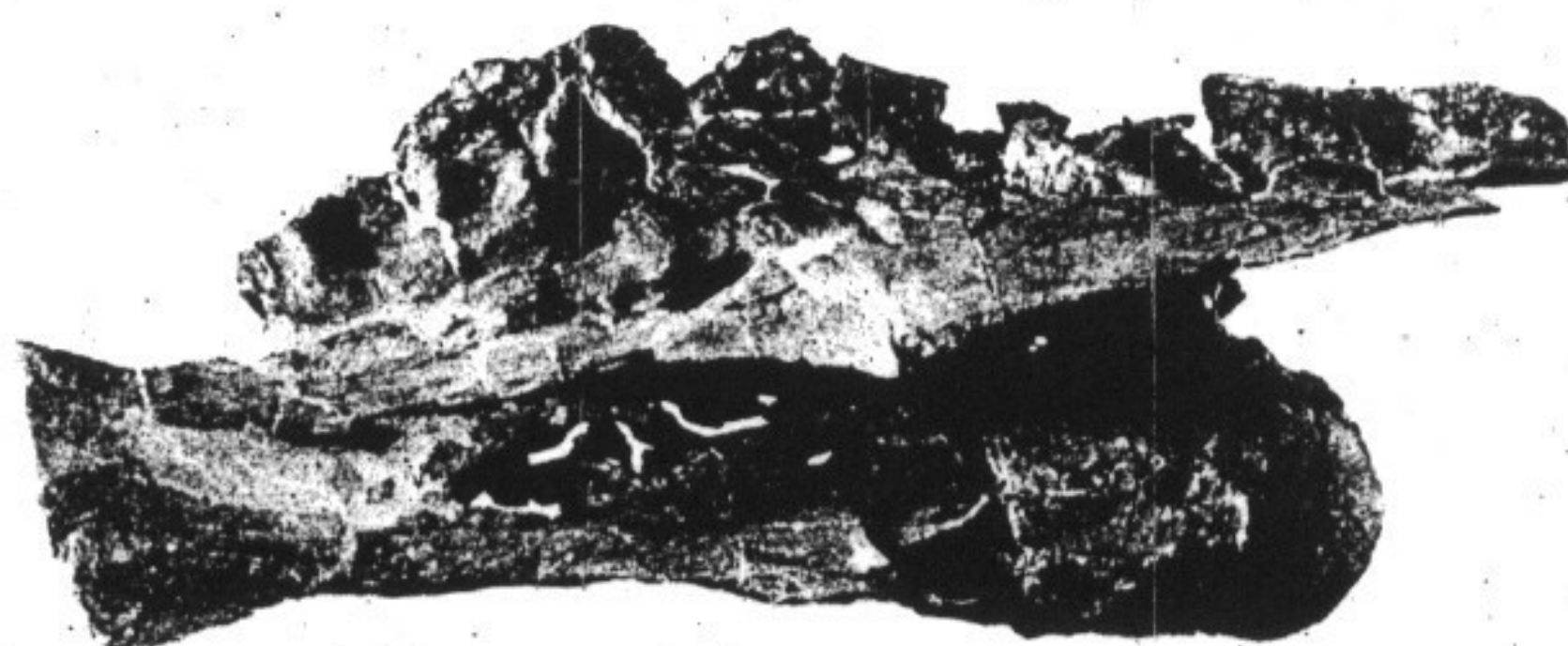
2



3



4



8



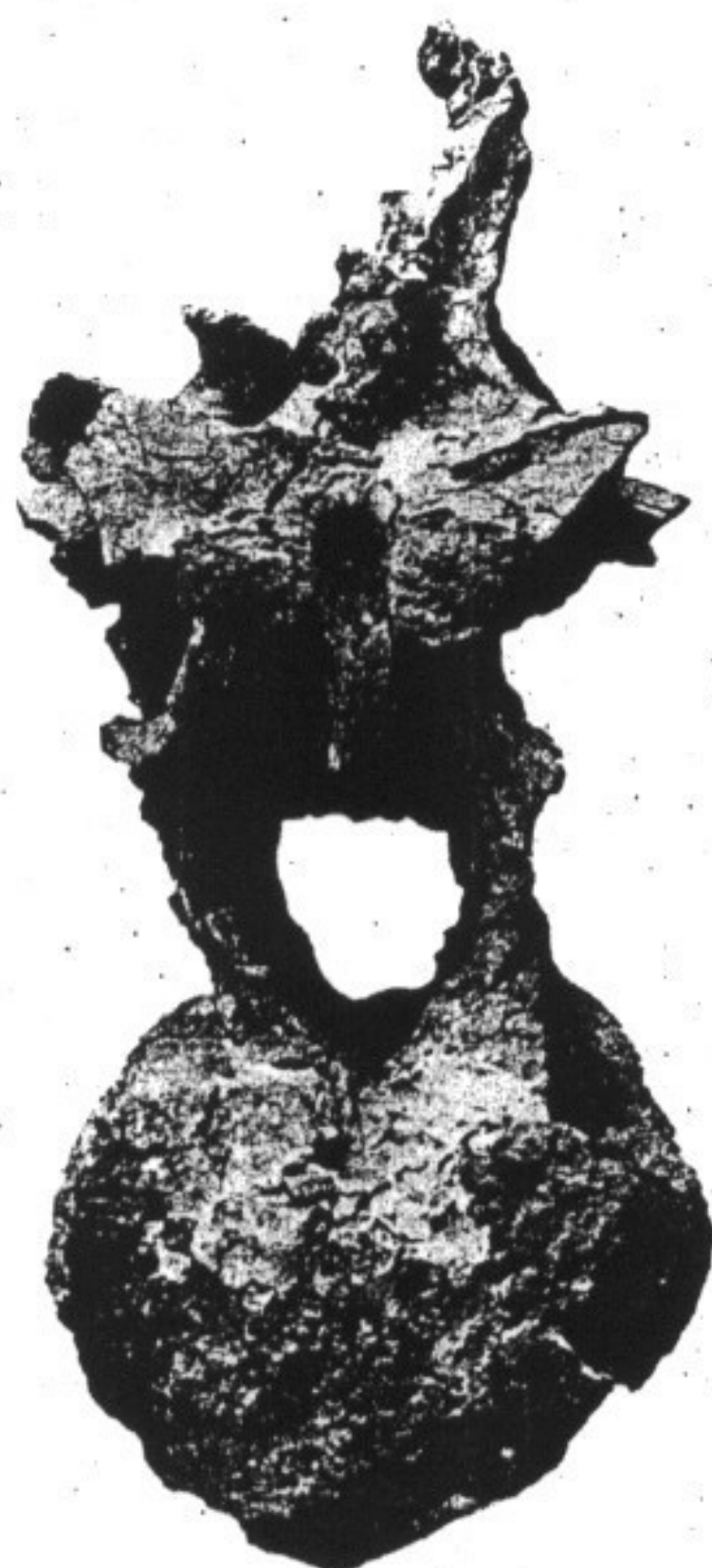
6



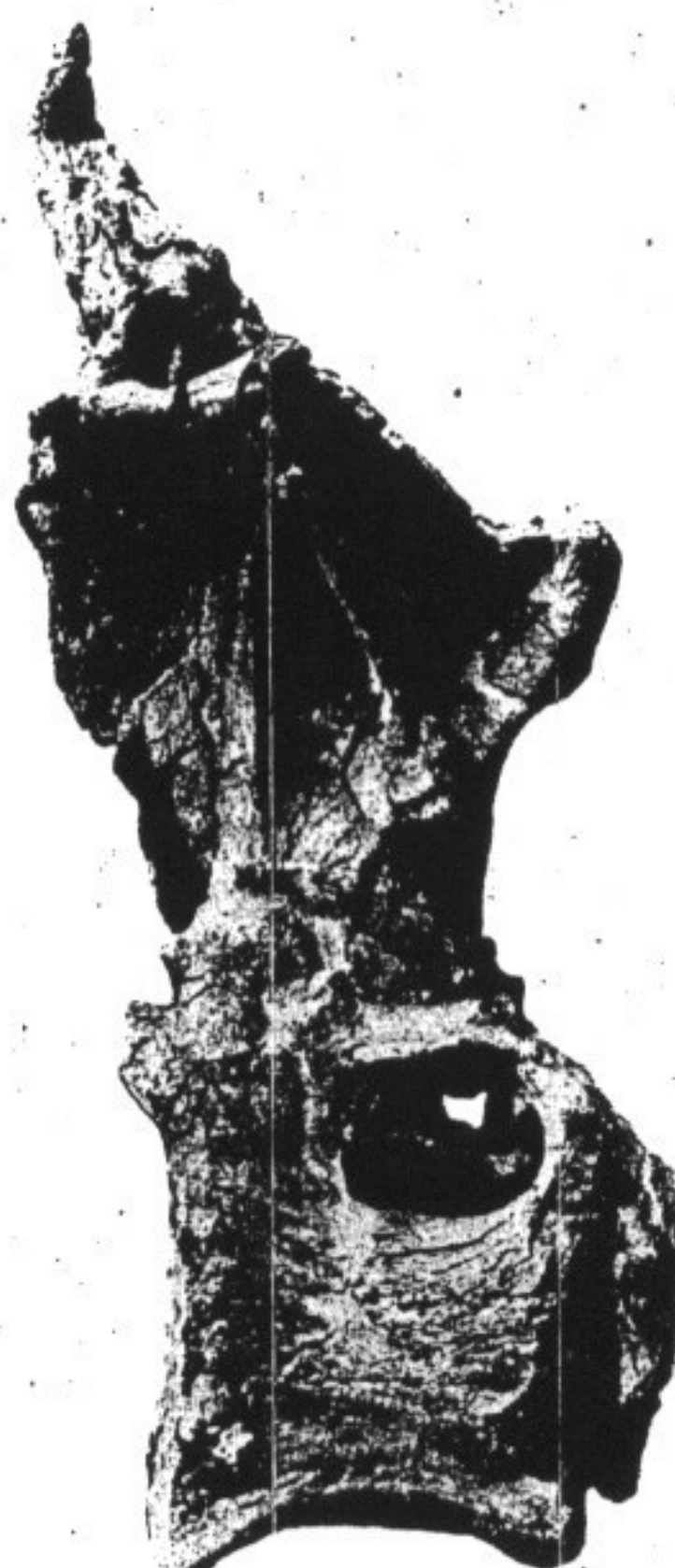
5



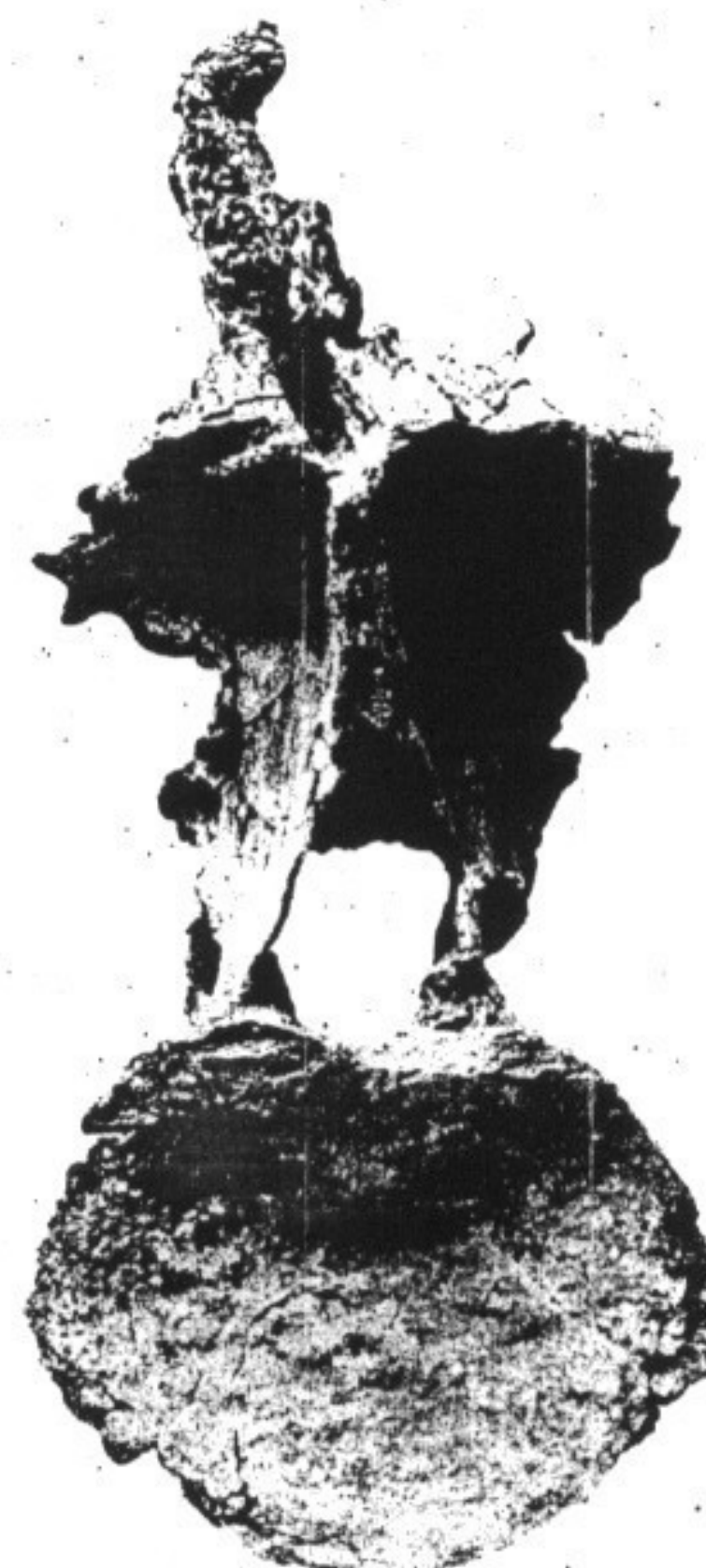
7



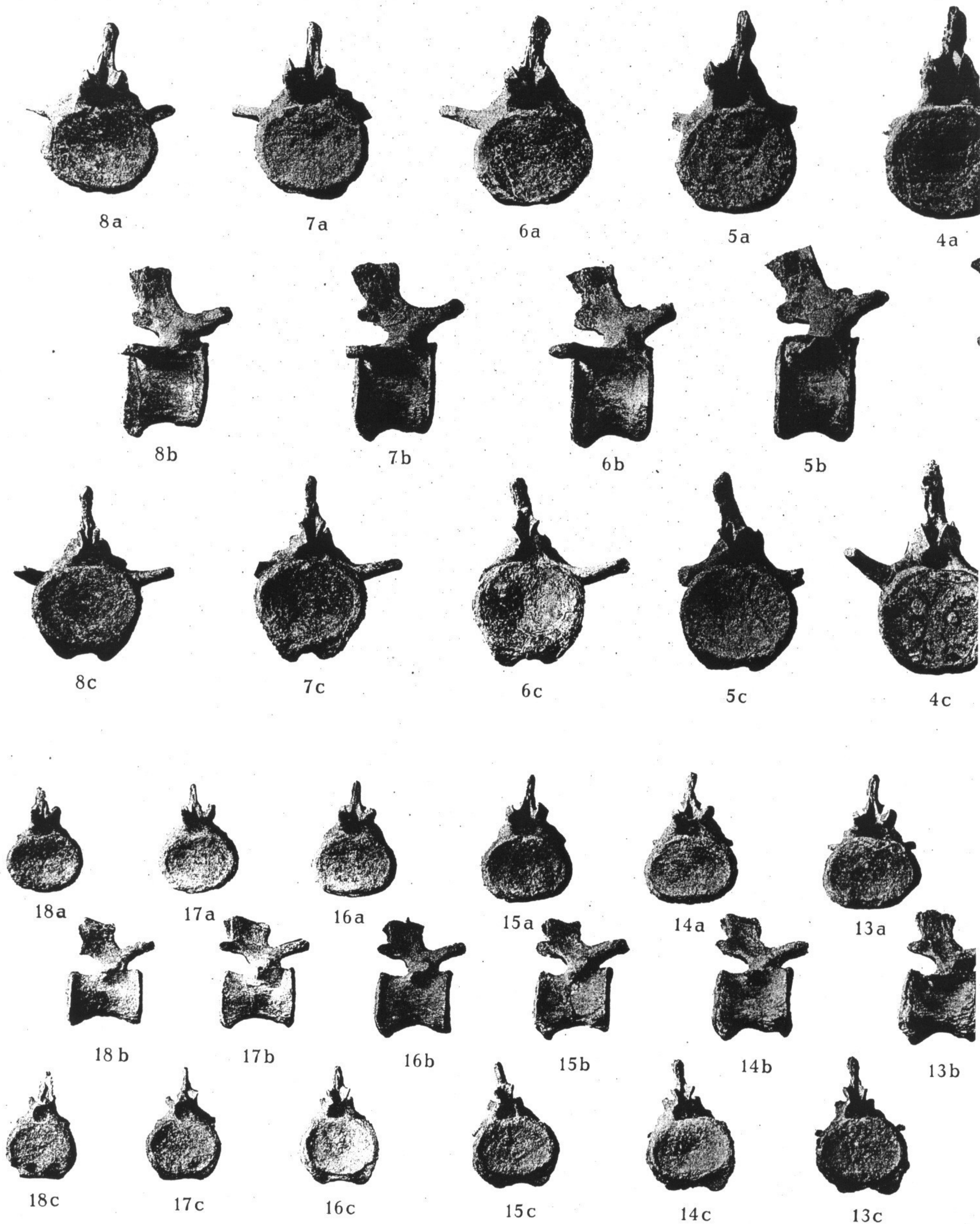
9

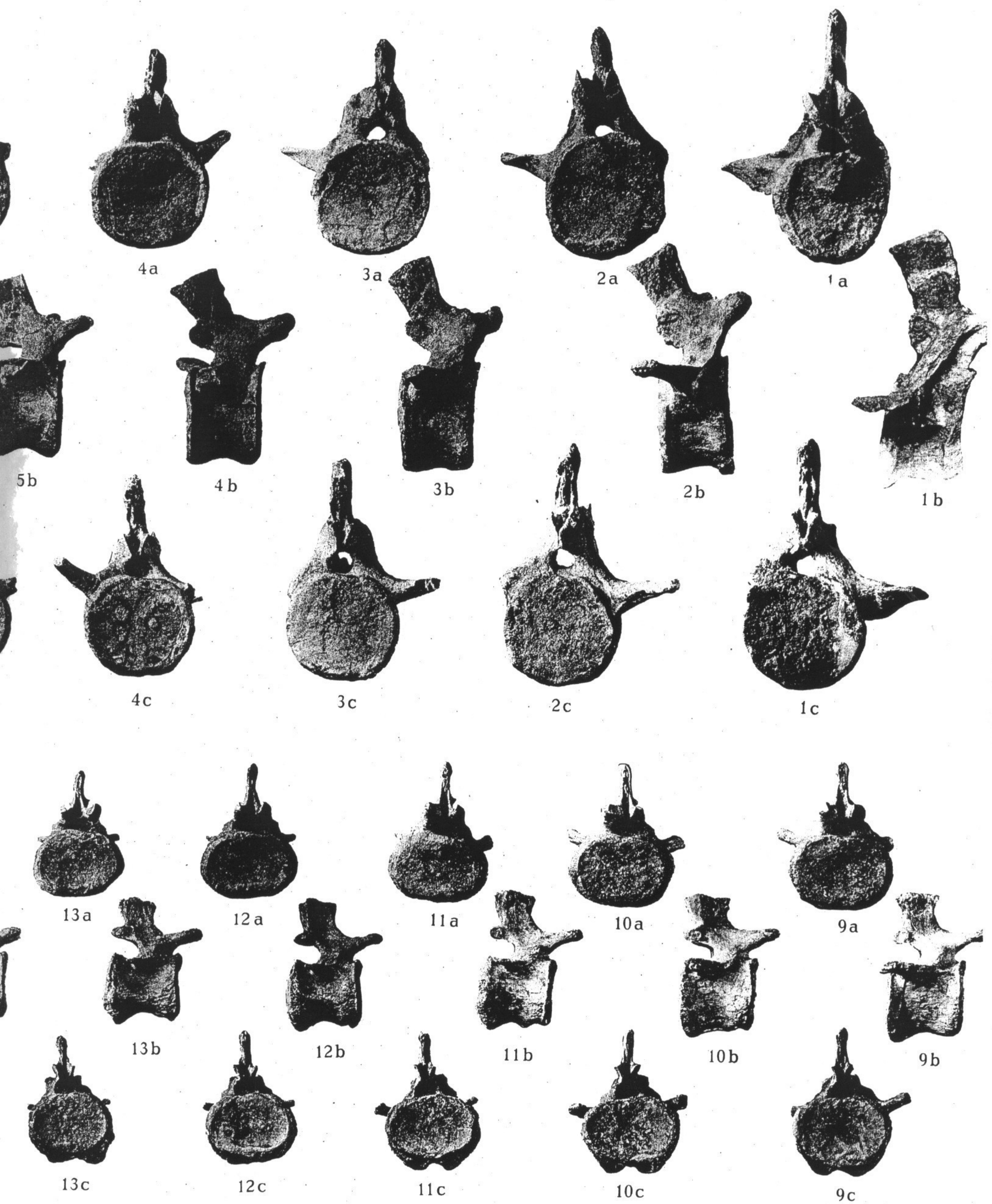


10

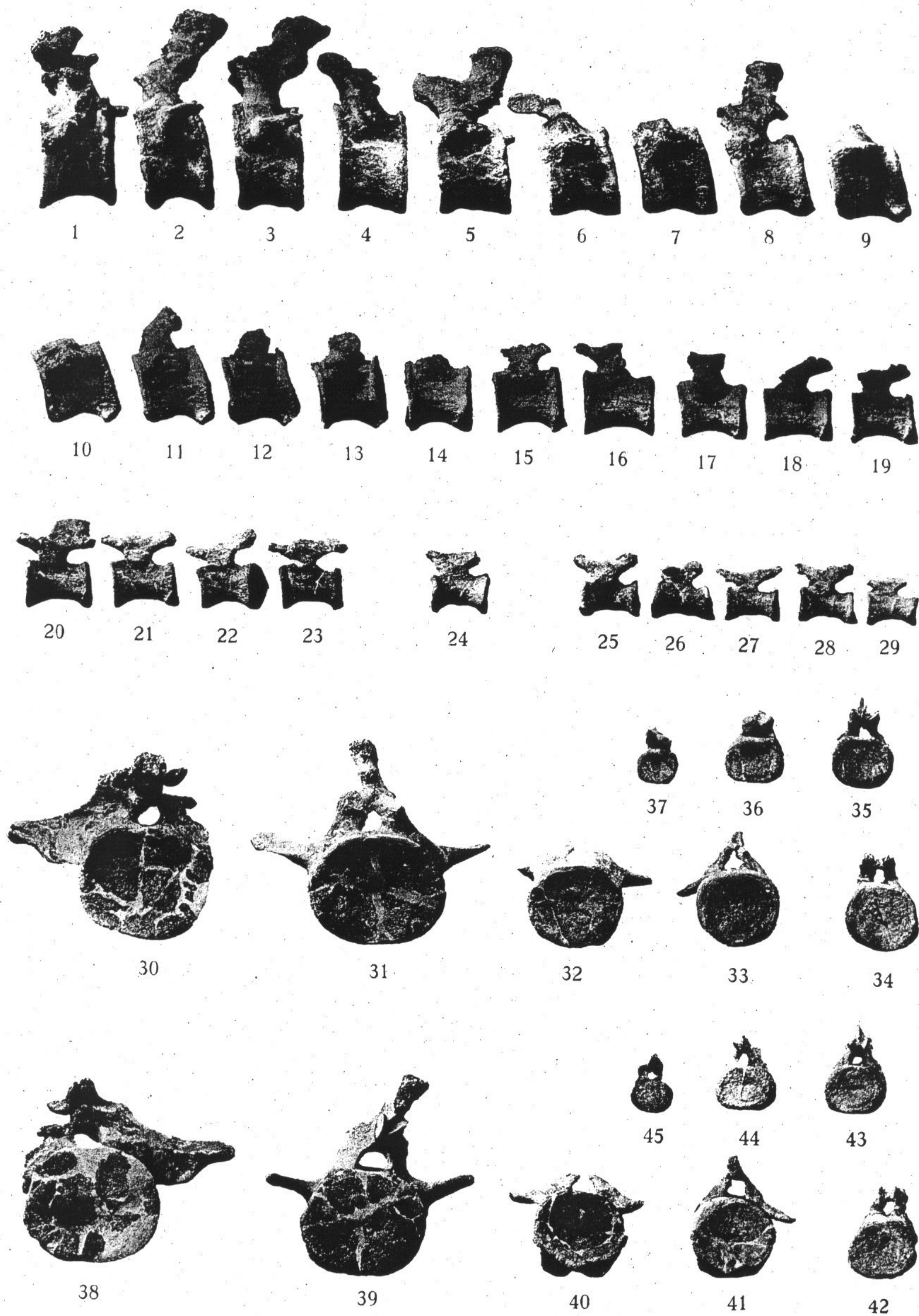


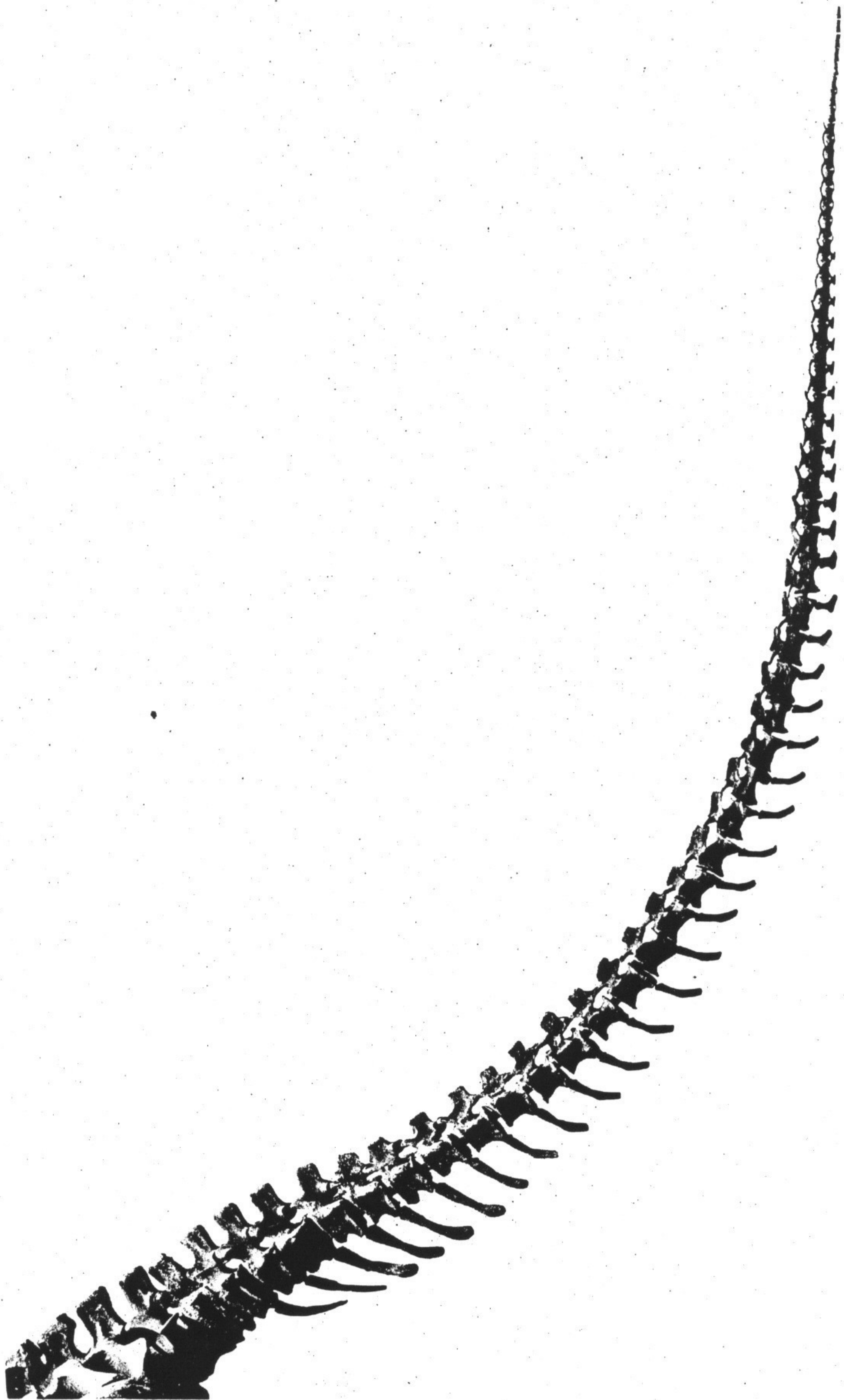
11



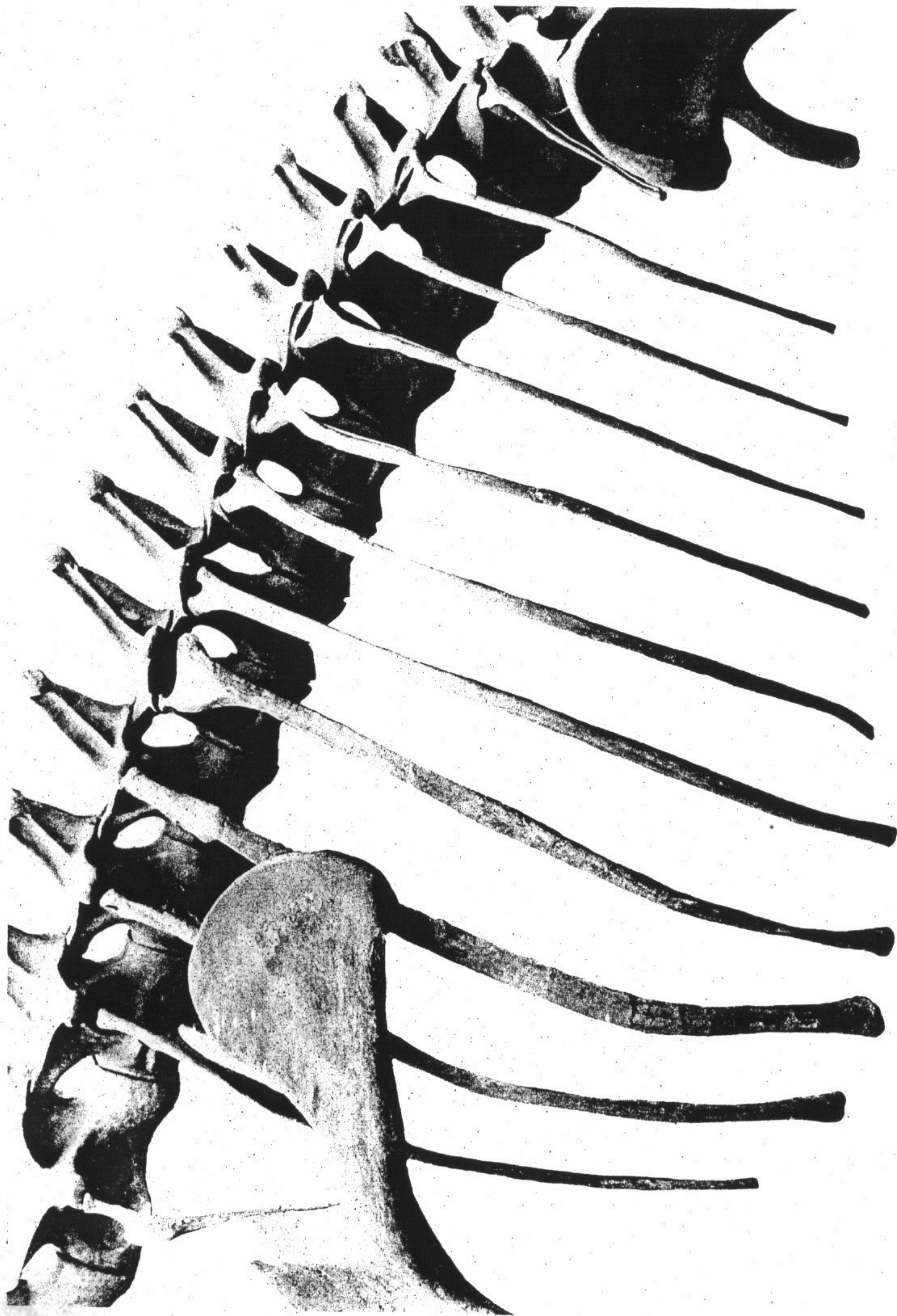


ch: Die Wirbelsäule von *Brachiosaurus brancai*.





W. Janensch: Die Wirbelsäule von *Brachiosaurus brancai*.



W. Janensch: Die Wirbelsäule von Brachiosaurus brancai.