

Die fossilen Wirbel.

Morphologische Studien.

Von

C. Hasse.

(*Aus dem anatomischen Institut zu Breslau.*)

Mit Tafel XXIV—XXVII und zwei Holzschnitten.

Die Histologie fossiler Reptilwirbel.

In einer früheren Arbeit¹⁾ wurden die Wirbel ausgestorbener Reptilien wesentlich in ihren stammes- und entwicklungsgeschichtlichen Beziehungen geschildert und ich vermochte nur mit kurzen Worten auf den feineren Bau einzugehen. Derselbe ist aber so wichtig, eigenthümlich und morphologisch interessant und liefert so viele Stützen für die bereits veröffentlichten Ansichten, über Stammes- und Verwandtschaftsgeschichte der ausgestorbenen Reptilien, dass ich mich beeile, das nur flüchtig Berührte ausführlicher darzulegen. Vermag ich diesmal auch nur Ichthyosaurus, Nothosaurus, Plesiosaurus und Thecodontosaurus zu berücksichtigen, da es mir bezüglich des grössten Theiles der Uebrigen, namentlich der Dicynodonten, Pterosaurii etc. an Untersuchungsmaterial fehlte, so glaube ich doch den Mangel, wenn er auch fühlbar ist, für keinen allzu grossen halten zu dürfen. Sind einmal, wie es hier geschehen soll, Hauptrepräsentanten der beiden Entwicklungstypen bezüglich ihres mikroskopischen Baues gründlich durchgearbeitet, so kann der Rahmen entweder durch weitere eigene Untersuchungen oder durch andere, glücklicher situirte Forscher leicht ausgefüllt werden.

¹⁾ Anatomische und paläontologische Ergebnisse. Leipzig, ENGELMANN 1878.

Bei dieser Gelegenheit möge es mir denn auch gestattet sein auf die Eigenthümlichkeiten der Zähne unserer jetzt lebenden Fischlurche einzugehen. Beim Durchsehen der Literatur finde ich, dass den Zähnen der Perennibranchiaten nur wenig eingehende Beachtung geschenkt worden ist. In dem berühmten Werke von R. OWEN¹⁾ finden sich wohl Angaben über die Stellung etc. der Zähne, und dasselbe ist mit der zweiten Fundamentalarbeit, der OSCAR HERTWIG'S²⁾, der Fall, allein es fehlt sowohl die bildliche Darstellung, wie die eingehende Beschreibung der feineren Structur. Dennoch gehören die Zähne zu denjenigen Bildungen, die nicht allein einen hohen paläontologischen Werth, sondern auch in stammesgeschichtlicher Beziehung eine hohe Bedeutung besitzen, da dieselben in ihrem Bau nur innerhalb enger Grenzen variiren. Ich hob ja bereits in der erwähnten Abhandlung hervor, dass die Aehnlichkeit des Zahnbaus bei Cryptobranchus und Ichthyosaurus ein weiterer Beweis für den verwandtschaftlichen Zusammenhang zwischen letzterem und den Derotremen sei, ein Beweis, der im Uebrigen den Structurverhältnissen der Wirbel entnommen wurde.

Was nun den Zahnbau der jetzt lebenden Fischlurche betrifft, so wäre vor Allem hervorzuheben, dass bei ihnen sowohl, wie bei den Coecilien dieselben Hauptbestandtheile vorhanden sind, wie bei den Urodelen resp. den Anuren. Sie bestehen aus der freien, schmelzüberzogenen Krone (Fig. 1, 2, 3, 4, 5 *a*), dem Mittelstücke, dem eigentlichen Cemente (Fig. 1, 2, 3, 4, 5 *b*) und dem Endabschnitte, dem Zahnsockel oder der Fussplatte (Fig. 2, 4 *c*). Die Pulpahöhle zieht sich dabei durch alle drei Bestandtheile. Die Krone besteht wie bei den übrigen Amphibien aus dem feinen Schmelzüberzuge und dem Dentin, dessen Canälchen gegen die Spitze hin ausstrahlen (Fig. 2, 3, 5). Das bei durchfallendem Licht dunkel, bei auffallendem Lichte weiss erscheinende Cement ist homogen und ohne Zelleinschluss (Fig. 2, 3, 5 *b*), während die gebogene Fussplatte (Fig. 2, 4 *c*) eingeschlossene Zellen zeigt, wie es HERTWIG³⁾ auf seiner Taf. III Fig. 1, 3 u. 9 von anderen Amphibien vollkommen zutreffend zeichnet.

Von den Perennibranchiaten habe ich vor allen Dingen Meno-

¹⁾ Odontography 1840—45.

²⁾ Ueber das Zahnsystem der Amphibien etc. Archiv für mikroskopische Anatomie. Bd. XI. Supplement.

³⁾ l. e.

branchus lateralis (Fig. 1, 2) untersucht und diesem Thiere schliesst sich in jeder Beziehung *Coeecilia* an. Die Krone ist leicht hakenförmig übergebogen, das Cement besitzt eine sehr bedeutende Ausdehnung (Fig. 1, 2 *b*) und die Fussplatte, die halsartig abgeschnürt erscheint, besteht aus zwei spitzwinklig zusammenstossenden Flügeln (Fig. 1 *c*). Wie *Menobranchus*, so verhält sich unter den *Derotremen* auch *Menopoma alleghaniense* (Fig. 3), nur ist das Cement weniger ausgedehnt, die Zahnkrone ist weniger schlank, die Spitze stumpfer und dem entsprechend auch die darin befindliche Pulpaöhle weiter. Die Zahncanälchen treten auch deutlicher hervor (Fig. 3 *a*).

Bei *Cryptobranchus japonicus* ähnelt die Gesamttform der Zähne (Fig. 4) wieder der bei *Menobranchus*, allein der wesentliche Unterschied besteht, ganz abgesehen von der ungemeinen Länge der zweiflügeligen Fussplatte, dem Mangel einer halsartigen Einschnürung derselben und der geringeren Entwicklung des Cementes, darin, dass an dem Cemente eine Cannelirung auftritt (Fig. 5 *b*). Dieselbe zeigt sich am deutlichsten an der concaven Seite und verliert sich allmählig gegen die convexe Fläche hin (Fig. 5 *b*). Sie reicht nicht über die Grenzen des Cementes hinaus und endet in verschiedener Höhe. Dabei sind die einzelnen Furchen unter einander parallel.

Werfen wir nun einen Blick auf die Abbildungen, welche R. OWEN in seinem berühmten Werke Taf. 73 von *Ichthyosaurus*zähnen gegeben hat. Bietet ein Theil derselben in der Furchung der Krone auch Verhältnisse dar, wie sie bei *Plesiosaurus* und *Nothosaurus* die Regel sind und den Zähnen dieser Thiere eine so grosse Aehnlichkeit mit denen der Labyrinthodonten verleihen, eine Aehnlichkeit, auf die ich bei der Schilderung der Labyrinthodonten seiner Zeit zurückkommen werde, so zeigt sich doch (Fig. 3, 5) bei *Ichthyosaurus platyodon* und *tenuirostris* ein Bild gleich dem, wie wir es von *Cryptobranchus* kennen gelernt haben. Auch hier erscheint nur das Cement cannelirt und die Fussplatte ist, wie aus Fig. 7 derselben Tafel hervorleuchtet, zweiflügelig, selbst die Zahncanälchen haben eine gleiche Anordnung.

Wir sehen nun aber nicht allein bei *Ichthyosaurus* Zähne, die denen des *Cryptobranchus* gleichen, auftreten, sondern, und daraus ergibt sich die ungemeine Wichtigkeit der Untersuchung etwa sich vorfindender Wirbel, nach RÖMER's Abbildung¹⁾ Taf. 49 Fig. 4 u. 9,

¹⁾ *Lethaea geognostica*. Stuttgart 1876.

die derselbe DAWSON¹⁾ entnommen hat, ist dasselbe in einem noch viel höherem Maasse mit dem dem Kohlengebirge, also der paläozoischen Periode angehörigen *Baphetes planiceps* der Fall. Bei diesem Thiere scheint der Abbildung nach zu schliessen die Cannelirung sich auch wesentlich auf die concave Seite des Cementes beschränkt zu haben. Es dürften hier wohl noch weitere Untersuchungen der paläozoischen Funde stattfinden.

Was nun die Wirbel des Repräsentanten des einen Entwicklungstypus, des Ichthyosaurus, betrifft, so wäre zunächst die Frage zu erledigen: Persistirt die Rückensaite und nimmt dieselbe an dem Aufbau des Wirbels irgend einen Antheil, wie das ja z. B. von den Wirbeln der *Ascalaboten* bekannt ist? Die Beantwortung der Frage ist um so wichtiger, weil wir es mit amphicoelen Wirbeln zu thun haben, in deren Höhlungen die Chorda während des Lebens unzweifelhaft eine bedeutende Ausdehnung besass. Die Aufgabe ist nicht so ganz leicht zu lösen, einmal, weil es sich um ein verhältnissmässig leicht vergängliches Gewebe handelt, weil ferner nicht alle Wirbel bezüglich des feineren Baues gleich gut erhalten sind und dann, weil es nichts weniger als leicht ist einen für mikroskopische Zwecke und namentlich für stärkere Vergrösserungen durchaus brauchbaren Querschliff genau durch die Mitte so grosser fossiler Wirbel zu legen. Ich glaube die Frage auch nicht mit vollster Bestimmtheit beantworten zu können, allein, was ich gesehen, ist doch immer des Erwähnens werth und nähert sich einer Lösung.

Bei einem aus dem Wellendolomit von Laufenburg stammenden Wirbel eines *Ichthyosaurus atavus*, den ich in Folge des liebenswürdigen Entgegenkommens meines verehrten Collegen MEYER in Zürich untersuchen konnte, gelang es einen Längsschliff genau aus der Mitte zu bekommen. Die eine Wirbelhöhlung war vollkommen mit Gesteinsmasse ausgefüllt, die andere dagegen leer. Beim Schleifen hatte sich namentlich an der Stelle des centralen Canals der Chorda die eine Wirbelhälfte etwas von der die Chorda ersetzenden Gesteinsmasse abgehoben. An der letzteren liess sich nun eine Masse nachweisen, die zwar von den Wirbelhälften des Längsschliffes abgelöst war, aber, wenn man sich dieselben in ihrer natürlichen Lage dachte, genau in den dem Centralcanal der Chorda entsprechenden Raum zwischen ihnen hineingepasst haben musste. An der Peripherie derselben liessen sich noch Spuren des verkalk-

¹⁾ *Airbreathers of the coal period.* Montreal 1863.

ten Knorpels, des intervertebralen Antheiles des Wirbels nachweisen. Trotz des unbestimmten histiologischen Charakters dieser Masse oder gerade wegen desselben und der scharfen Abgrenzung gegenüber der Gesteinsmasse kann ich sie nicht anders denn als einen fossilisirten Rest der in einem Centralcanal liegenden Chorda ansehen. Dieselbe zeigt weder die Charaktere des fossilen Knochens, noch ausgeprägt die des fossilisirten Hyalinknorpels, nähert sich aber dem letzteren insofern bedeutend, als theilweise leere, theilweise mit dunklem Gestein gefüllte, rundliche Höhlen auftreten, die ich nur als Knorpelhöhlen zu deuten vermag (Fig. 12 a). Welcher Natur aber die zwischenliegende Substanz während des Lebens gewesen sein mag, darüber lassen sich nur Vermuthungen anstellen. Ich glaube aber es liegt ein verknorpelter und verkalkter und somit für die Erhaltung im fossilen Zustande günstige Verhältnisse darbietender Chordarest vor. Ob sich ein solcher auch bei den grössten Ichthyosauruswirbeln wird nachweisen lassen steht dahin, eben so wie weit bei der Umwandlung des Chordagewebes die eigentliche Masse des Wirbels, namentlich der secundäre oder intervertebrale Abschnitt theilhaftig ist. Jedenfalls ist dieser modificirte Rest der Chorda im höchsten Grade interessant, weil wir ja vor Allem aus den Untersuchungen GEGENBAUR'S¹⁾ wissen, dass bei den Perennibranchiaten, Derotremen, Urodelen und Ascalaboten eine gleiche Masse in Gestalt des von ihm sogenannten Chordaknorpels bleibt, wenn derselbe auch bei diesen Thieren hyalinknorpelig erscheint.

Die makroskopischen Verhältnisse des secundären oder Intervertebralwirbels sind bereits früher²⁾ Gegenstand der Betrachtung gewesen, während der mikroskopischen nur beiläufig Erwähnung gethan wurde. Dabei möchte ich aber, bevor ich auf die Schilderung des feineren Baues eingehe, ergänzend hervorheben, dass die Dickenunterschiede desselben an der Peripherie und im Centrum der Wirbelhöhlung viel geringere sind, als bei den jetzt lebenden Ascalaboten und Urodelen, die ja alle amphicoele Wirbel besitzen. Somit könnte von einer intervertebralen Einschnürung der Chorda kaum die Rede sein, wenn man nicht, worauf ich alsbald zurückkomme, annehmen will, dass der Hyalinknorpel während des Lebens, namentlich an der Peripherie des secundären Wirbels eine bedeutendere Ausdehnung hatte. War das nicht der Fall, sondern

¹⁾ Untersuchungen zur vergleichenden Anatomie der Wirbelsäule 1862.

²⁾ l. c.

entspricht die an den fossilen Wirbeln nachweisbare Ausdehnung des secundären Wirbels nahezu vollkommen der während des Lebens, so ist die geringe Dickenzunahme desselben gegen die Peripherie hin ein weiterer Beweis für die Abspaltung der mit Ichthyosaurus nächst verwandten Thiere innerhalb niederstehender Amphibienfamilien. Ein indirecter Beweis für die nahezu gleiche Ausdehnung dieses interessanten Wirbelbestandtheils, während des Lebens liegt meines Erachtens in folgendem Umstande. Die Verbindung der Wirbel unter einander ist eine ausserordentlich lockere und dünne gewesen, die Zwischenwirbelmassen können keine nennenswerthe Ausdehnung und Resistenz gehabt haben, denn gewöhnlich findet man die Ichthyosauruswirbel von einander isolirt und selbst an den zusammenhängenden Skeleten gegeneinander verschoben und gedreht. Demnach faulten sie sehr schnell und die Wirbelhöhlung wurde, statt durch Infiltration durch das Gewebe hindurch mit Kalkspath oder dergleichen, beim schnellen Schwund der Intervertebralmassen mit demselben Gestein ausgefüllt, in welchem die Einbettung geschah. Das leicht zerstörbare Chordagewebe muss sonach eine gewaltige intervertebrale Ausdehnung, das Zwischenwirbelgewebe dagegen eine geringe Dicke besessen haben, und dafür spricht auch der Mangel einer Abplattung am Rande der Wirbelhöhlung, wie wir eine solche in charakteristischer Weise bei Haien mit dicken Intervertebralligamenten auftreten sehen. Auch die Form des Chordaknorpels weist auf mächtige intervertebrale Entwicklung der Rückensaite hin.

Der Bau des secundären Wirbels bietet bereits bei oberflächlicher Betrachtung Besonderheiten, die die Aufmerksamkeit auf sich ziehen müssen. Ist auch keine absolut scharfe Grenze gegenüber dem primären Wirbel gegeben, so ist dieselbe doch immerhin so ausgeprägt (Fig. 14), dass an ein Entstehen des einen aus dem anderen nicht zu denken ist. Es ist ein engmaschiges Knochenetz (Fig. 14a), dessen Räume gegen die Oberfläche der Wirbelhöhlung hin dichter, gegen den primären Wirbel hin etwas weiter erscheinen. Ganz besonders deutlich tritt der Unterschied auf dem Querschnitte zu Tage. Der secundäre Wirbel ist, wie sich namentlich aus der Betrachtung der Maschenräume so deutlich ergibt, in concentrischen Lagen um die Chorda geordnet.

Wie ich bereits in meiner Abhandlung: »Anatomische und paläontologische Ergebnisse« erwähnte, bestehen zwei deutlich unterschiedene Lagen, eine dünne, der Chorda am nächsten gelagerte, beste-

hend aus verkalktem Hyalinknorpel und eine stärkere von endochondralem Knochen, die unzweifelhaft aus ersterer hervorging. Die Dicke dieser beiden Schichten und somit des gesammten secundären Wirbels ändert sich nicht wesentlich mit der Grösse des Gesamtwirbels und somit während des Wachstums, sondern bleibt nahezu dieselbe. Daraus folgt, dass hauptsächlich nur an den Rändern der Wirbelhöhlung ein Wachstum stattfinden kann, und dass somit das Gesamtwachstum wesentlich auf dem zuerst gebildeten, primären Wirbel beruht, der ja bekanntlich vorzugsweise von dem am Wirbel zuerst sich differenzirenden Bogen gebildet wird. Darin liegt dann meiner Ansicht nach ein weiterer Beweis, dass die Stärke des secundären Wirbels im fossilen Zustande nahezu der während des Lebens entspricht. Im anderen Falle müsste sich bei vergleichender Betrachtung verschieden grosser Wirbel eine beträchtliche Dickenzunahme des endochondralen Knochens auf Kosten des verkalkten Hyalinknorpels nachweisen lassen, was aber nur in einem ausserordentlich beschränkten Maasse der Fall ist. Ferner folgt daraus, dass während des Lebens nur eine dünne Lage hyalinen Knorpels die Höhlung des amphicoelen Wirbels bekleidet haben kann, denn auf deren Kosten kann ja nur die verkalkte und die Knochenlage dicker werden. Dass eine solche wie bei den Amphibien vorhanden gewesen ist, lässt sich im fossilen Zustande noch daran erkennen, dass die Höhlen des verkalkten Knorpels gegen den Raum der Chorda und die denselben ausfüllende Gesteinsmasse nicht geschlossen, sondern vielfach offen sind (Fig. 13 a). In Folge dessen dringt Gestein in die Lücken, die sonst meistens durch Kalkspath ausgefüllt werden.

Die Lage verkalkten Knorpels bietet im Uebrigen nichts Besonderes dar, nur erkennt man deutlich an den rundlichen Lücken und dem Zusammenhang derselben (Fig. 13 a), dass die Knorpelzellen mehr oder minder zahlreich in Gruppen zusammengelegen haben müssen. Eine besondere Regelmässigkeit in der Anordnung der Knorpelhöhlen lässt sich übrigens am fossilen Wirbel weder auf dem Längs-, noch auf dem Querschliff erkennen. An gut erhaltenen Ichthyosauruswirbeln sieht man bereits mit blossem Auge die Anwesenheit verkalkten, hyalinen Knorpels an der feinen Punktirung in den Wirbelhöhlungen, resp. an den Theilen der Oberfläche des primären Wirbels, wo sich aus Hyalinknorpel hervorgegangene Elemente finden. Es ist das nicht ganz unwichtig und

uninteressant, gegenüber dem äusseren Aussehen periostaler Ablagerungen.

Die aus der verkalkten Knorpellage hervorgegangene und wie bereits erwähnt in concentrischen Schichten um die Chorda angeordnete Knochenmasse bietet in mehr oder minder grosser Ausdehnung das Bild endochondralen Knochens dar (Fig. 13 *b*). Nur die ältesten, dem primären Wirbel sich anschliessenden Theile derselben zeigen unter allen Umständen die vollkommen lamellöse Structur des bleibenden Knochens (Fig. 14 *a*), nur mit dem Unterschiede, dass die Knochenkörperchen nicht die ausgezeichnete Sternform der höheren Thiere, sondern mehr ein spindelförmiges Aussehen besitzen. In den centralen Lagen findet man vielfach Nester des anstossenden verkalkten Knorpels ohne Aenderung der histologischen Structur eingesprengt. Uebrigens kenne ich kein Object, das so geeignet ist die Entwicklungsweise des Knochens ohne Weiteres zu demonstrieren, als ein Schliff durch einen solchen fossilen Reptilwirbel. Was am lebenden Materiale durch verschiedene Entkalkungs- und Färbungsmethoden auf künstlichem Wege erreicht wird, das tritt hier in einfachster Weise zu Tage, indem bei der Fossilisirung die Unterschiede in der Structur und der physikalischen Beschaffenheit des Gewebes durch verschiedene Färbung dargestellt werden. Wir haben somit höchst beachtenswerthe, histologische Objecte vor uns.

Was nun den die eigentliche Hauptmasse des Wirbels bildenden Primärwirbel betrifft, so deutete ich bereits in meiner wiederholt angeführten Schrift an, dass derselbe aus zwei Bestandtheilen, einem mit den Bogen und einem mit dem Perioste zusammenhängenden Abschnitte bestehe. Ich glaube jetzt nähere Aufschlüsse geben zu können, will aber dabei von vorn herein hervorheben, dass das Beobachtungsmaterial zu klein ist um alle Detailfragen und namentlich die speciellen Verhältnisse der mit den Rippen in Zusammenhang tretenden unteren Bogen endgültig zu erledigen. Kommenden Untersuchungen und Untersuchern muss da Vieles überlassen bleiben, und ich verfehle nicht darauf aufmerksam zu machen, dass nicht alle Ichthyosauruswirbel in gleicher Klarheit und Reinheit die in Betracht kommenden Eigenthümlichkeiten zeigen. Der Erhaltungszustand der Gewebe ist durchaus nicht überall der gleiche. Mir haben die Wirbel aus dem oberen Lias von Boll in Württem-

berg und die aus dem Wellendolomit von Laufenburg die besten Aufschlüsse gegeben. Sollten nun die deutschen und schweizerischen Museen weiteres Material aus diesen Fundstätten und Lagen besitzen, wobei darauf zu achten wäre, dass die Wirbel auch bei oberflächlicher Betrachtung den Eindruck vollkommener Erhaltung machen, so wäre eine Untersuchung von senkrechten Querschliffen durch die Mitte sowohl, wie durch die vordere und hintere Hälfte und zwar von Wirbeln des vorderen, hinteren Rumpfabschnittes und der Schwanzregion nicht allein für die vorliegende Frage entscheidend, sondern würde auch weitere Anhaltspunkte zur Beurtheilung der Stellung des Ichthyosaurus im System und seiner Stammesgeschichte liefern.

Senkrechte Querschnitte durch die Mitte von theilweise dem hinteren, theilweise dem vorderen Rumpfabschnitte angehörig mächtigen Wirbeln von Ichthyosaurus, die ich der Güte meiner Herren Collegen BEYRICH, v. SEEBACH und MEYER verdanke, lehren, wie ich ohne die wichtige Zubülfenahme mikroskopischer Untersuchung annehmen zu dürfen glaube, dass die Bogen durch periostale Massen vollkommen von einander getrennt bis an den secundären Wirbel reichen. Dieselben sind dabei von in radiärer Richtung bis an den Intervertebralwirbel dringenden, mächtigen Gefässcanälen flankirt. Sie würden sich dadurch in ihrer Begrenzung noch deutlicher hervorheben, wenn nicht in gleicher Weise und beinahe mit gleichem Caliber, aber in verschiedener Zahl, Gefässe in die periostalen Keile zwischen den Bogen eindringen. Somit erinnert der Wirbel lebhaft an die derjenigen Fische und Amphibien, welche entweder beständig oder zu einer bestimmten Periode ihres Lebens ein sogenanntes Knorpelkreuz besitzen. Da nun der mittlere, centrale Abschnitt des Wirbels der älteste, zuerst gebildete ist, so wäre damit eines Weiteren die Nothwendigkeit der Ableitung des Ichthyosauruswirbels von den Wirbeln niederer Amphibien bewiesen. Es wird aber, wie gesagt, durchaus nöthig sein die Untersuchungen in oben angedeuteter Weise und mit Hülfe des Mikroskopes durchzuführen.

Anders stellt sich dagegen das Bild des Querschnittes eines vorderen Rumpfwirbels senkrecht durch einen Theil der vorderen Hälfte, den ich in dem Holzschnitte Fig. 1 skizzirt habe.

Die Bogen erscheinen in der Mitte rings um den secundären Wirbel *J* verschmolzen und nur in den äusseren zwei Dritteln der

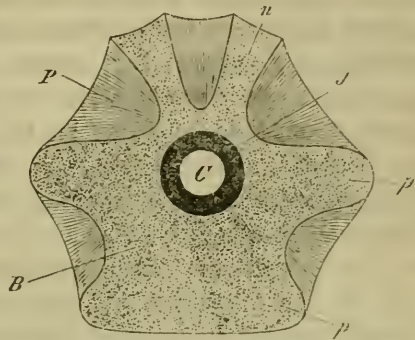
Schnittfläche durch periostale Keile von einander getrennt. Dabei stellt sich dann ferner heraus, dass die unteren Bogen, denen die beiden Gelenkhöcker für die Ansätze der Rippenköpfchen angehören, ungewöhnlich an Ausdehnung gewonnen haben und nicht allein hoch an der Wirbelseitenfläche emporragen, sondern auch in der ventralen Mittellinie bis an die Peripherie mit einander verwachsen sind. Es zeigt dieses Bild denn auch, glaube ich, auf's deutlichste, dass die

rippentragenden Fortsätze nicht wie z. B. bei den Amphibien ausser Zusammenhang mit den Hämapophysen oder unteren Bogen stehen, sondern, dass sie wie bei den Fischen und den Dipnoi Derivate derselben sind. Das beweist dann, dass die Urform des Ichthyosaurus nicht unter den jetzt lebenden Amphibien und Reptilien, sondern unter Thieren zu suchen ist, welche noch keine ausser Beziehung zu den Hämapophysen stehenden seitlichen, rippentragende Fortsätze besa-

sen, sondern in dieser Beziehung die Charaktere ihrer den Fischen angehörigen Vorfahren bewahrten, wie sich das auch in der losen Anheftung des Beckens an das Achsen skelet documentirt. Die Bildung seitlicher Fortsätze oder Pleurapophysen, sei es, dass sie selbstständig sind, sei es, dass sie aus den oberen Bogen hervorzunehmen, geht mit der Ausbildung eines sacralen Abschnittes der Wirbelsäule, mit der Fixirung des Beckens am Achsen skelet und dieses wieder mit dem Vertauschen des Wasser- mit dem Landaufenthalte und daraus folgender Benutzung der Extremitäten als Stützapparate Hand in Hand.

Schon bei der Betrachtung der Querschliffe mit blossen Auge treten zwischen dem Bogen und Periostantheil des Wirbels deutlich Unterschiede zu Tage, während sich auf dem Längsschnitte ein gleichförmiges Verhalten des primären Wirbels zeigt. Die Knochent balken verlaufen in über einander liegenden, parallelen Reihen von vorn nach hinten (Fig. 14) und heben sich damit scharf gegenüber denen des intervertebralen Wirbels ab. Was den Querschliff betrifft,

Fig. 1.



C Chordaraum. *J* Intervertebralwirbel. *B* Bogenantheil des primären Wirbels. *P* Periostaler Wirbelabschnitt. *n* Obere Bogen. *p* Rippenhöcker der unteren Bogen.

so zeigt die Knochenmasse des Bogenantheils (Fig. 14 *a*) niemals in regelmässiger Weise angeordnete Balken und Lücken, sondern stellt ein gleichmässiges Netzwerk dar, während dagegen die periostalen Keile namentlich deutlich an der Peripherie entweder radiär angeordnete Knochenbalken und Lücken zeigen (Fig. 15), oder aus bogenförmig angeordneten concentrischen Lamellen bestehen, deren Convexität gegen das Innere des Wirbels gekehrt ist. An der Oberfläche des Wirbels treten die letzteren dabei als von vorn nach hinten verlaufende Streifen auf und bedingen somit auf dem Längsschnitt die bereits beschriebene, lamellöse Schichtung des primären Wirbels (Fig. 14 *b*). Ein anderes Aussehen zeigt dagegen bei ausgezeichnet erhaltenen Wirbeln der an der Oberfläche anstehende Bogenheil, mag derselbe nun als Rippentuberkel (Holzschnitt 1 *p*) oder als Bogenbasis (Holzschnitt 1 *n*) auftreten, mit dem die eigentlichen Rückenmarksspangen jedenfalls nur durch Band oder Knorpelhaft verbunden waren. An ihnen tritt dieselbe feine Punktirung, wie sie gut erhaltenen Wirbelhöhlungen eigenthümlich ist, auf. Dabei will ich aber hervorheben, dass die Seitenflächen der Rippenhöcker sowohl wie der Bogenbasen immer von einer Fortsetzung der periostalen Ablagerungen bedeckt werden.

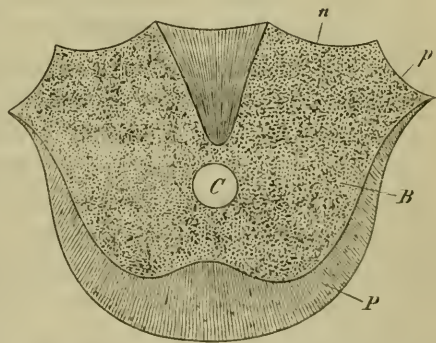
Diese Unterschiede, die sich bei der Betrachtung der Wirbeloberfläche mit blossem Auge leicht kenntlich herausstellen, beruhen darauf, dass die Knochenbalken der periostalen Schichten unmittelbar auf der Oberfläche vorliegen, während dagegen die Verbindungsflächen der Bogenbasen und der Höcker mit den Rückenmarksspangen und den Rippen von einem zusammenhängenden Lager verkalkten Hyalinknorpels bedeckt werden. (Fig. 17 *a*), welches genau dasselbe Aussehen und Verhalten wie das des intervertebralen Wirbels darbietet. Diese Gleichartigkeit des Aussehens lässt dann weiter darauf schliessen, dass sich auch hier während des Lebens noch eine Lage hyalinen Knorpels befand, ob dieselbe nun eine wirkliche Knorpelhaft darstellte, oder als Ueberzug einer freien Gelenkfläche functionirte. Ersteres ist mir das Wahrscheinlichere.

Sieht man nun von diesem Mangel einer verkalkten Knorpel- lage an den periostalen Keilen ab, so gelingt es nicht irgend einen wesentlichen Unterschied in der Knochenstructur der beiden Bestandtheile des primären Wirbels zu entdecken. Mir scheint nur, dass der endochondrale Charakter des Bogenantheils an der Peripherie

deutlicher zu Tage tritt, während er im Centrum vollkommen verschwindet. Uebrigens bietet auch der periostale Wirbel namentlich an der Peripherie seine Besonderheiten, Besonderheiten, die lebhaft an den perichondralen Knochen erinnern (Fig. 15, 16). Während im Centrum die lamellöse Knochenstructur, allerdings mit mehr spindel- als sternförmigen Knochenkörperchen vorherrscht, sieht man an den peripheren Balken dunklere Stellen (Fig. 15 *a*), die sich bei näherem Zusehen als zwischen den Lamellensystemen gelegene Knochenmassen darstellen, die nicht geschichtet eine Anzahl dicht gedrängter, mehr in radiären Reihen gelagerter Knochenzellen enthalten (Fig. 16 *a*), also auch eine Art endochondraler Einlagerung darstellen. Sie sind wohl als Reste der Bildungszellzapfen der subperiostalen, osteoplastischen Schicht anzusehen. Ein sehr charakteristisches Ansehen bietet die periostale Knochenmasse, welche die Seitenflächen der Rippenhöcker resp. der Bogenbasen bekleidet. Sie erscheint der Oberfläche parallel streifig (Fig. 17 *b*) mit den entsprechend gerichteten Knochenzellen und möchte wohl als nichts Anderes, denn als eine Masse von Bindegewebsknochen anzusprechen sein. Die Wände der Canäle für die grossen Ernährungsgefässe bieten durchaus nichts Besonderes dar.

Nach dieser Schilderung des Baues der Wirbel des Ichthyosaurus wende ich mich nun zu denen des Notho-, Plesio- und Thecodontosaurus, von denen wir ja bereits wissen, dass sie einem besonderen Entwicklungstypus angehören. In ihren äusseren Merkmalen schliessen sie sich viel mehr den jetzt lebenden Amphibien und Reptilien an, als es mit Ichthyosaurus der Fall ist, trotzdem sie in viel entfernterem Grade mit ihnen verwandt sind. Da zeigt sich dann wieder einmal wie wenig ausschlaggebend in stammesgeschichtlicher Beziehung äussere Merkmale sind, und wie wir ohne Zuhilfenahme der Histiologie und Entwicklungsgeschichte auf einem durchaus schwankenden Boden stehen.

Fig. 2.



C Chordaraum. *B* Bogenantheil des Wirbels. *P* Periostwirbel. *p* Seitenfortsatz (Pleurapophyse) für die Rippe. *n* Oberer Bogen.

Mit Ausnahme am Schwanze betheiligen sich die unteren Bogen an dem Aufbau des Wirbels gar nicht. Die Entwicklung derselben wird vielleicht vollkommen unterdrückt und an ihre Stelle treten die oberen Bogen n . Jedenfalls lässt sich am erwachsenen Wirbel nicht mehr bestimmen, ob und welchen Antheil am Bogenabschnitt des Wirbels eine etwaige rudimentäre untere Bogenanlage hat. Sie wäre dann in dem ventralen, unter dem Chordaraum C gelegenen Abschnitt, der aber unter allen Umständen mit den Neurapophysen n verwächst, zu suchen und dem hypochordalen Knorpel der Anuren homolog zu setzen. Die Frage lässt sich selbstverständlich an fossilen Wirbeln nicht mehr lösen, vielleicht dass Untersuchungen an anderen ausgestorbenen Sauriern zum Ziele führen.

Die Rippen werden nicht von den unteren Bogen aus gebildet oder treten mit solchen in gelenkige Verbindung, sondern verbinden sich entweder direct mit den oberen Bogen oder mit Fortsätzen derselben, den seitlichen oder Pleurapophysen p , welche vielleicht, und damit schliesse ich mich den Anschauungen vor Allem GÖTTE'S¹⁾ an, primär nichts weiter sind als Auswüchse der Neurapophysen. Damit soll nun der Frage nach der Entstehung der Rippen durchaus nicht vorgegriffen werden, da ich deren Lösung von bereits begonnenen Untersuchungen meines Assistenten, des Herrn Dr. FICK erhoffe.

Diese regressive Metamorphose der unteren Bogen und der aus ihnen entstehenden Rippenfortsätze und das Eintreten der oberen Bogen mit ihren seitlichen Ausläufern in die Bildung der Stützspannen der Leibeshöhle gibt zu denken und ich nehme keinen Anstand als begleitendes und vielleicht ursächliches Moment die Ausbildung eines mit dem Achsenskelet in festem Zusammenhange stehenden ventralen Verschlusses der Leibeshöhle von Seiten des Beckens, sowie die Ausbildung eines Sternal- resp. eines ventralen Knochenapparates anzusehen. Treten diese Bildungen frühzeitig auf, so wird die Leibeshöhle bei solchen Thieren, gegenüber den Fischen, Dipnoi und Ichthyosaurii, bei denen die ventralen Schlussstücke entweder fehlen, oder nur lose mit den Rippen verbunden sind (Ichthyosaurus), bei denen ferner unter allen Umständen nur eine lose Verbindung

¹⁾ Die Entwicklungsgeschichte der Unke (*Bombinator igneus*). Leipzig 1875.

des Beckengürtels mit dem eigentlichen Skelet vorhanden ist, in ihrer Ausdehnungsfähigkeit beschränkt. Dem entsprechend möchte das Hineinwachsen unterer Bogen oder Hämapophysen in die Wand der Leibeshöhle unmöglich gemacht werden, besonders wenn man das allseitige Wachstum der eingeschlossenen Organe berücksichtigt. Sie gehen in ihrer Ausbildung immer mehr zurück, nehmen wie bei den Anuren den Charakter eines hypochordalen Knorpelstückes an und die Rippen treten nicht mehr mit ihnen in Verbindung, werden gleichsam durch den Wachstumsdruck der Eingeweide dorsalwärts verschoben. Verschwinden nun etwa secundär die ventralen, abschliessenden Knochenmassen, wie es z. B. bei den Schlangen mit dem Sternalapparate resp. dem Schulter- und Beckengürtel der Fall ist, oder entwickelt sich wie bei den Amnioten ausserhalb des Bereiches der Leibeshöhle zwischen Kopf und vorderem Extremitätengürtel die Halswirbelsäule, bei der es nicht zur vollen Ausbildung und zum ventralen Verschlusse visceraler Spangen kommt, so kann es wieder zur Ausbildung unterer, den Hämapophysen homologer Wirbelfortsätze (Hypapophysen) kommen und zwar ganz besonders dann, wenn sie zum Ansatz kräftig entwickelter sub- oder prae-vertebraler Muskulatur dienen können. Dass dieselben aber nur im vorderen Theile des Rumpfskeletes, nicht dagegen im hinteren secundär wieder zur Ausbildung kommen, dafür liegt meiner Ansicht nach der Grund darin, dass der im Zusammenhange mit dem Achsen-skelet stehende Beckengürtel am seltensten und zugleich von allen ventralen Verschlussstücken des Leibesraumes zuletzt verschwindet und im Uebrigen die geringsten einschneidenden Veränderungen zeigt. Sehr wichtig und interessant wäre es zu untersuchen wie sich die Dicynodonten oder Theriodonten nach R. OWEN, von denen ich ja annehmen musste, dass sie dem Typus des Plesiosaurus etc. folgen, mit Bezug auf die einschlägigen Fragen verhalten, wie weit eine Ausbildung oder Rückbildung oder gar ein Mangel unterer Bogen vorhanden ist und in welchem Verhältniss somit die Visceralspangen zu den Bogentheilen des Achsenskeletes gestanden haben. Die Meisten schliessen sich, wie mir aus den R. OWEN'schen¹⁾ Abbildungen hervorzugehen scheint, am nächsten an Nothosaurus an, jedoch wäre ganz besonders auch Pareiosaurus bezüglich des Vorhandenseins unterer Bogen zu untersuchen.

¹⁾ Descriptive and illustrated Catalogue of the fossil Reptilia of South Africa. London 1876.

Bevor ich nun die feinere Structur der Wirbel von Notho-, Plesio- und Thecodontosaurus, dessen Untersuchung ich der Freundlichkeit meines Herrn Collegen ZITTEL verdanke (Fig. 6, 7, 8, 9) und von dem noch ein weiterer im münchener Museum aus dem Kimmeridge clay (Tönjesberg bei Hannover) vorhanden ist, sowie ein gleicher, für den ich meinem verehrten Collegen v. SEEBACH in Göttingen dankbar bin, und der wahrscheinlich ebenfalls dem Kimmeridge clay bei Hannover angehört (Fig. 10 u. 11), schildere, wäre die Frage aufzuwerfen, in wie weit es möglich ist bei diesen Reptilien noch Reste der Chorda nachzuweisen. Während es mir weder bei Notho- noch bei Plesiosaurus gelang irgend eine Spur des Chordagewebes mit Sicherheit aufzufinden, so glaube ich dagegen bei Thecodontosaurus im Centrum des Wirbels eine solche als Homologon des Chordaknorpels gefunden zu haben (Fig. 24 a). Es ist ein an den Enden etwas verdickter, cylindrischer Strang verkalkten Knorpels, dessen Zellen rundlich und dicht gedrängt in Reihen hintereinander gelagert erscheinen, wie es in ähnlicher Weise auf der ersten Tafel der Untersuchungen zur vergleichenden Anatomie der Wirbelsäule im Chordaknorpel von GEGENBAUR gezeichnet wird. Es scheint mir dieser Umstand besonders auch insofern von Interesse zu sein, als dadurch die frühzeitige Abzweigung der Ornithosceliden vom gemeinsamen Stamme und deren selbständige Stellung gegenüber den beiden anderen Reptilformen angezeigt wird. Wie wichtig es wäre die Pterosaurii und die Odontornithen auf ähnliche Verhältnisse zu prüfen, brauche ich wohl nicht erst besonders hervorzuheben.

Was nun zunächst denjenigen Theil des Wirbels betrifft, welcher in seiner Lage vollkommen dem intervertebralen oder secundären Wirbel des Ichthyosaurus und der jetzt lebenden Amphibien und Reptilien gleicht, allein, wie wir wissen, der eigentliche primäre Wirbel ist, welcher ja von den Bogen aus gebildet wird, so zeigt derselbe in histiologischer Beziehung bei allen drei von mir untersuchten fossilen Reptilien im Wesentlichen denselben Bau. Dabei bietet namentlich Nothosaurus auf dem Längsschliffe bereits mit blossen Auge sichtbare Eigenthümlichkeiten, die eine entschiedene Stütze für die von mir in der früheren Abhandlung¹⁾ geäußerte Ansicht abgeben, dass die Entwicklung dieses Wirbelabschnittes im Gegensatz zu der des intervertebralen Wirbels vom Centrum aus

¹⁾ l. c

gegen die Peripherie also nach vorn resp. hinten stattfindet. Ist diese Ansicht richtig und findet bei irgend einem der ausgestorbenen Thiere die Entwicklung nicht gleichmässig, sondern in Intervallen bald stärker, bald schwächer statt, so muss auf dem Längsschnitte eine Summe hinter einander gelagerter, senkrechter Lamellen zu Tage treten. Das ist nun in der That beim Nothosaurus der Fall. Freilich zeigen nicht alle Wirbel aus allen Fundorten mit gleicher Deutlichkeit diesen wichtigen und interessanten Bau, bei einigen tritt er aber in augenfälliger Weise zu Tage. Die schönsten Bilder haben mir die, wie es scheint, durch eine Mangan- oder Eisenverbindung gefärbten Wirbel aus dem Muschelkalke von Tarnowitz, die ich der Güte meines Herrn Collegen RÖMER verdanke und aus dem oberen Muschelkalke der Vogesen, für die ich meinem Herrn Collegen MEYER in Zürich verbunden bin, sowie aus der Lettenkohlen-Gruppe des Keupers bei Molsdorf (Thüringen), die mir Prof. BEYRICH gütigst überliess, geliefert. Die Schichten zeichnen sich dadurch aus, dass sie abwechselnd weite und enge Knochenhöhlen umschliessen. Im Uebrigen wüsste ich bei allen drei Reptilformen keine hervorragenden Unterschiede im Bau des in Frage stehenden Wirbelabschnittes hervorzuheben.

Eine nicht ganz unwichtige Frage ist nun die, umgibt dieser von den Bogenanlagen gebildete Theil des Wirbels im Centrum desselben, also in dem meiner Ansicht nach zuerst gebildeten, ältesten Theile, die Chorda oder den Chordaknorpel vollständig, oder sind die Bogenanlagen dort getrennt und verschmelzen erst peripher um die Rückensaite? Für Thecodontosaurus vermag ich die Frage positiv in ersterem Sinne zu beantworten und für Nothosaurus und Plesiosaurus ist es mir im höchsten Grade wahrscheinlich, obgleich bei diesen Thieren noch eingehendere Untersuchungen angestellt werden dürften. Die secundären, periostalen Ablagerungen würden also auch bei ihnen weder in der dorsalen noch in der ventralen Mittellinie bis in das Wirbelcentrum und somit bis an die Rückensaite reichen können.

Die beiden Bestandtheile des secundären Wirbels des Ichthyosaurus, verkalkter Hyalinknorpel und endochondraler Knochen zeigen sich auch an dem Bogenabschnitte der Wirbel dieser Thiere, nur hat bei ihnen der endochondrale Knochen eine ausserordentlich viel grössere Ausdehnung, als es bei dem Ichthyosaurus der Fall ist. Wo nur die Bogen den Wirbelkörper knöchern zusammensetzen

findet sich endochondraler Knochen (Fig. 24 *b*, Fig. 25), ob das Thier jung oder erwachsen war und in diesem Stehenbleiben des Gewebes auf einer niederen Entwicklungsstufe scheint mir ein weiterer Beweis für die niedere Herkunft und Stellung dieser Thiere zu liegen. Anderenfalls hätte überall die Umwandlung des endochondralen in lamellosen Knochen stattfinden müssen. Am ausge dehntesten erscheinen (Fig. 18 *a d*) und das stimmt ja mit dem Alter der paläontologischen Funde in vorzüglicher Weise überein, die endochondralen Massen bei Nothosaurus, während sie bei Plesiosaurus (Fig. 20, 22) ähnlich wie bei Ichthyosaurus mehr durch lamellosen Knochen verdrängt sind. Thecodontosaurus, der ja auch bezüglich der Erhaltung von Chordaresten eine niedere Stellung einnimmt, zeigt dagegen trotz der Gelenkflächenbildung seiner Wirbelkörper auch darin eine niedere Stufe, dass die endochondralen Massen sehr stark hervortreten, während der lamellöse Knochen nur sparsam entwickelt ist (Fig. 24 *b*, 25).

Die dünne Lage verkalkten Hyalinknorpels, welche ganz besonders schön, deutlich und zusammenhängend bei Plesiosaurus (Fig. 20 *a*), der meist besser conservirt in meine Hände gelangte, die Gelenkflächen bedeckt, bietet genau dieselben Verhältnisse wie bei Ichthyosaurus dar und zeigt nirgends erhebliche Dickenunterschiede. Die Knorpelhöhlen der Oberfläche sind offen und verleihen ihr dasselbe feingemetzte Aussehen. Daraus lässt sich denn auch hier mit vollkommener Bestimmtheit auf die Anwesenheit eines Ueberzuges von Hyalinknorpel während des Lebens schliessen. Wie weit nun bei Notho- und Plesiosaurus dieser Knorpel eine Knorpelhaft zwischen den einzelnen Wirbeln oder einen Ueberzug einer freien Gelenkfläche, wie es bei Thecodontosaurus unzweifelhaft der Fall war, bildet, lässt sich am fossilen Wirbel nicht mehr mit völliger Sicherheit feststellen. Ich für meine Person bin geneigt auch bei ihnen eine freie Gelenkbildung anzunehmen, weil die Ränder der Flächen aufgeworfen und so abgesetzt erscheinen, wie man das bei Wirbeln mit freien Gelenkflächen zu sehen gewohnt ist. Uebrigens möchte ich ohne weiteren Commentar auf die bildliche Darstellung (Fig. 18 *a d*, 22 des endochondralen Knochens von Nothosaurus und Plesiosaurus verweisen. Ich kenne kein, selbst lebendem Gewebe entnommenes Object, welches sich an Schönheit und Klarheit mit einem Dünnschliff durch diesen Wirbelbestandtheil namentlich des Nothosaurus vergleichen liesse (Fig. 18).

Wie nun die Gelenkflächen der Wirbelkörper mit einer Lage verkalkten Hyalinknorpels bedeckt sind, so ist dasselbe auch mit den Flächen des Bogentheiles der Fall, mit welchen die freien Theile der Neurapophysen resp. die Rippen in Verbindung treten. Namentlich bei *Plesiosaurus* (Fig. 23 a) tritt eine gewisse regelmässige Structur, eine Art säulenförmiger Anordnung der Knorpelhöhlen, wie wir solche von den Gelenkenden der Röhrenknochen höherer Thiere her kennen, zu Tage.

Was nun den periostalen Wirbelkörperabschnitt betrifft, so bietet derselbe eben so wenig, wie der Bogenantheil desselben bei den drei hier in Betracht kommenden Reptilien, irgend welche erheblichen Formunterschiede dar. Wenn mir auch keine Querschnitte resp. Querschliffe von *Thecodontosaurus* zu Gebote standen, so zeigt doch die Betrachtung des Längsschnittes¹⁾ sowohl, wie die der Wirbeloberfläche (Fig. 26), dass keine wesentlichen Unterschiede gegenüber den Bildern der Quer- und Längsschnitte des *Notho-* und *Plesiosaurus*²⁾ vorhanden sein können. Wenigstens an den Rumpfwirbeln bedeckt der periostale Antheil auf der ventralen Fläche vollkommen den wesentlich oder vielleicht sogar ausschliesslich den oberen Bogen angehörenden Abschnitt (siehe Holzschnitt 2, und keilt sich in der Mitte etwas in denselben ein. Dorsalwärts liegt der Bogenantheil frei zu Tage und nur in der Mittellinie und namentlich in der Mitte zeigt sich ein tief einschneidender, periostaler Keil (Holzschnitt 2. Fig. 26). An der ventralen Fläche ist das Bild somit ein wesentlich anderes, wie beim *Ichthyosaurus* (vergleiche die beiden Holzschnitte), während die dorsale sich schon ähnlicher gestaltet: nur dass hier die oberen Bogen eine ungemein viel mächtigere Entfaltung wie beim *Ichthyosaurus* gewinnen, und somit die periostalen Massen in den Hintergrund drängen. Uebrigens werden die Seitenflächen der Bogenbasen sowohl, wie der Rippenhöcker in gleicher Weise wie beim *Ichthyosaurus* von periostalen Ablagerungen bedeckt. Die ungleiche Vertheilung periostaler Massen in der ventralen und dorsalen Mittellinie tritt übrigens auf dem mittleren, senkrechten Längsschnitte der Wirbel aller drei Reptilien³⁾ deutlich zu Tage. Die kleinere ist immer die ventrale.

¹⁾ Anatomische und paläontologische Ergebnisse. Taf. I.

²⁾ l. c. Taf. I.

³⁾ l. c. Taf. I.

Die periostalen Massen, welche sich, nachdem die Bogen perichordal verschmolzen sind, theilweise auf denselben ablagern, theilweise zwischen sie eindringen, haben mich in ihrer Structur auf das Lebhafteste beschäftigt und interessirt, weil durch das Verhalten derselben wiederum der Beweis des Ursprunges dieser Thiere aus niederen Amphibienformen geliefert werden kann, und weil sich ferner wiederum eine erfreuliche Uebereinstimmung der anatomischen und paläontologischen Befunde ergibt, insofern bei *Nothosaurus* und *Thecodontosaurus* dem früheren Auftreten derselben zur triassischen Periode eine histiogenetisch niedere Zusammensetzung des periostalen Wirbels entspricht. *Plesiosaurus* bietet dagegen bereits eine höhere Stufe der geweblichen Zusammensetzung dar, ähnlich der bei *Ichthyosaurus*. Bei ersteren findet sich Bindegewebe, bei letzteren perichondraler Knochen.

Die Grenze zwischen dem Bogen und dem periostalen Antheil des Wirbelkörpers tritt namentlich auf dem Längsschnitt in Gestalt der Kreuzlinie deutlich zu Tage¹⁾. Ebenso deutlich zeigt sich auch in der gröberen Zusammensetzung die Art und Weise des Wachsthums der periostalen Schicht. Während der Bogenantheil wie erwähnt aus hinter einander gelegenen Schichten besteht, findet man bei dem periostalen über einander, dorsoventralwärts gelagerte Schichten²⁾. Das zeigt sich besonders deutlich bei *Plesiosaurus*. *Notho-* und *Thecodontosaurus* zeigen aber, namentlich bei der Betrachtung des Längsschnittes³⁾ noch etwas Besonderes (Fig. 19, 26). Durch die ganze periostale Masse zieht eine radiäre Streifung, die, wie ein Querschliff⁴⁾ lehrt, bei *Plesiosaurus* nur auf die Peripherie beschränkt ist. Darans lässt sich ein weiterer Schluss auf die Art der Entwicklung der Wirbel und auf die Richtigkeit der in der früheren Arbeit geäußerten Ansichten über die Beziehungen der Bogen und der skeletogenen Schicht machen. Die Bogen müssen zuerst gebildet sein, die centrale, vertebrale Einschnürung der Chorda verursacht und dem Wirbel den ursprünglichen amphicoelen Charakter aufgeprägt haben, wobei dann die freien Bogentheile seitlich stark vorwucherten, divergirtén und somit zwischen sich in der dorsalen und ventralen Mittellinie einen keilförmigen Zwischenraum erzeugten, der sich bei dem Wachsthum der Bogen immer mehr vertiefen

¹⁾ l. c. Taf. I.

²⁾ l. c. Taf. I.

³⁾ l. c. Taf. I.

⁴⁾ l. c. Taf. I.

musste. Tritt nun wie bei Notho- und Thecodontosaurus die periostale Ausfüllungsmasse als Bindegewebsknochen, als directe Verknöcherung des bindegewebigen Periostes auf, so müssen die Ablagerungen parallel den Flächen der divergirenden Bogentheile sich ablagern und die periostalen Keile müssen somit einen radiärstreifigen Charakter annehmen, während die Schichtung mit dem unterbrochenen Wachsthum der Bogen zusammenhängt. Geht dagegen wie bei Plesiosaurus die Ausfüllungsmasse aus einer subperiostalen oder osteoplastischen Schicht hervor, tritt sie also als perichondraler Knochen auf, so ist es nicht nöthig, namentlich dann, wenn die osteoplastische Schicht eine nicht unbedeutende Dicke besitzt, dass die Umwandlung in Knochen, die Ablagerung derselben in den Flächen der Bogen parallelen Lagen geschieht, sondern die Knochenmasse kann eine selbständige Anordnung zeigen und nur die Schichtung in übereinander folgenden Lagen muss beibehalten werden, da das Wachsthum des Periostes und der periostalen Ausfüllungsmasse dorsoventralwärts gleichen Schritt hält. Im ersteren Falle kann es auch nicht überraschen, wenn der keilförmige Zwischenraum zwischen den Bogen namentlich dorsal nicht vollkommen ausgefüllt wird, sondern wenn, wie es bei Thecodonto- und Nothosaurus der Fall (Fig. 7, 11) ist, in der dorsalen Mittellinie eine mehr oder minder tiefe, keilförmige Einsenkung bleibt.

Der periostale Wirbel bei Notho- und Thecodontosaurus besteht also aus der niedersten Form des Knochengewebes, aus Bindegewebsknochen oder osteoider Substanz (Fig. 19, 26 *a c*) mit der Faserrichtung entsprechenden, radiär eindringenden Gefässen. Während ihrer Umwandlung zu Knochenzellen behalten die Bindegewebskörperchen bei Thecodontosaurus mehr den ursprünglichen Charakter einfacher Spindeln (Fig. 26), während sie dagegen bei Nothosaurus in sternförmige Knochenkörperchen umgewandelt sind (Fig. 21). Diesem Stehenbleiben des periostalen Knochens auf einer niederen geweblichen Stufe entspricht auch das ausserordentliche Ueberwiegen endochondraler Massen im Bogentheil des Wirbels (Fig. 24 *b*, 25) und beweist somit gegenüber der höheren Entwicklung des Gewebes bei Nothosaurus, dass diese beiden triassischen Geschlechter nicht in directen verwandtschaftlichen Zusammenhang zu bringen sind, sondern dass sie verschiedene Stammformen besitzen. Nothosaurus könnte sich ja nur aus Thecodontosaurus entwickelt haben, allein es kommt nicht vor, dass sich plane oder gar leicht amphicoele Wirbel aus pro- oder opistocoelen entwickeln. Die

Stammformen sind natürlich in weiter zurückliegenden Erdperioden zu suchen.

Bemerken möchte ich nun noch, dass wenn auf dem in Fig. 26 dargestellten Stücke eines mittleren Längsschnittes innerhalb des periostalen Wirbels Nester von Knorpelknochen eingesprengt sind, so hängt das nicht mit der korpligen Präformirung desselben zusammen. Bei Notho- und vor Allem Thecodontosaurus buchten sich die oberen Bogen stark gegen die Medianebene vor, und somit ist es begreiflich, dass wenn, wie es leicht möglich, ein Theil der Schnittfläche etwas seitlich von der Mittellinie fällt, Theile derselben im periostalen Wirbel eingesprengt erscheinen. Die Faserstructur zeigt sich sowohl bei Notho- wie bei Thecodontosaurus ganz besonders deutlich in der Grenzlage zwischen Bogen und Periostwirbel (Fig. 18 *b*, 26 *c*). Von Plesiosaurus habe ich bereits hervorgehoben, dass sich der periostale Wirbel genau wie bei Ichthyosaurus verhält. Während sich an der Oberfläche reiner periostaler Knochen befindet (Fig. 21), geht derselbe in der Tiefe allmähig in perichondralen, resp. lamellösen Knochen über.

Breslau, April 1878.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel XXIV.

- Fig. 1. Gr. $\frac{8}{1}$. Unterkieferzahn eines Menobranthus lateralis.
Fig. 2. Gr. $\frac{12}{1}$. Derselbe ohne Fussplatte.
Fig. 3. Gr. $\frac{16}{1}$. Unterkieferzahn ohne Fussplatte eines Menopoma alleghaniense.
Fig. 4. Gr. $\frac{4}{1}$. Unterkieferzahn eines Cryptobranthus japonicus.
Fig. 5. Gr. $\frac{12}{1}$. Derselbe ohne Fussplatte. *a* Kronc. *b* Mittelstück. *c* Fussplatte.
Fig. 6. Natürl. Gr. Seitenansicht eines Wirbels von Thecodontosaurus (Zone der avicula contorta [Hminster England] [Museum München]).
Fig. 7. Natürl. Gr. Derselbe von der dorsalen Fläche gesehen.
Fig. 8. n. 9. Gr. $\frac{2}{1}$. Derselbe von den Gelenkflächen gesehen mit der Andeutung des Chordaknorpels im Centrum.
Fig. 10. Wirbel eines Thecodontosaurus wahrscheinlich aus dem Kimmeridge-clay bei Hannover (Museum Göttingen) von der Seite gesehen.
Fig. 11. Derselbe von der dorsalen Fläche.
Fig. 12. Chordarest eines Wirbels von Ichthyosaurus aus dem Wellendolomit Laufenburg (Museum Zürich). *a* Chordaknorpel. *b* Anhängender Rest des intervertebralen Wirbels.
Fig. 13. Stück des secundären Wirbels eines Ichthyosaurus von Boll (Württemberg). *a* Verkalkter Knorpel. *b* Endochondraler Knochen. *c* Gesteinreste.

Tafel XXV.

- Fig. 14. Schwache Vergrößerung. Stück eines Längsschliffes desselben Wirbels. *a* Secundärer, *b* primärer Wirbel.
Fig. 15. Schwache Vergrößerung. Stück eines Querschliffes durch denselben Wirbel. Periostaler Theil desselben mit endochondralen Einlagerungen *a*.
Fig. 16. Ein Stück des Querschliffes durch den periostalen Theil desselben Wirbels stärker vergrössert, mit der endo- oder perichondralen Einlagerung *a*.
Fig. 17. Stück eines Querschliffes desselben Wirbels (Bogenantheil des primären Wirbels) an der Einplauzungsstelle der Rückenmarksspangen.

a Verkalkter Knorpel an der Einpflanzungsstelle der Bogen. *b* Periostale Ablagerungen von Bindegewebsknochen.

Tafel XXVI.

- Fig. 18. Stück eines Längsschliffes von *Nothosaurus mirabilis* aus dem oberen Muschelkalk (Tarnowitz, Schlesien) (Museum Breslau). *a* Lamellöser Knochen des Bogenantheils des Wirbels. *b* Grenzschicht des Bogenantheils des Wirbels und des periostalen Wirbels. *c* Bindegewebsknochen des periostalen Wirbels. *d* Endochondrale Einlagerungen in den Knochen des Bogenabschnittes.
- Fig. 19. Bindegewebsknochen des periostalen Wirbels desselben *Nothosaurus*.
- Fig. 20. Stück eines Längsschliffes durch den primären oder Bogenwirbel eines *Plesiosaurus* aus dem unteren Lias (Lyme regis England) (Museum München). *a* Verkalkter Knorpel. *b* Endochondraler Knochen.
- Fig. 23. Stück eines Querschliffes desselben Wirbels an der Einpflanzungsstelle der Rückenmarksspangen. *a* Verkalkter Knorpel. *b* Lamellöser Knochen des Bogenantheils des Wirbels.
- Fig. 25. Schwache Vergrößerung. Endochondrale Knochenmasse des Bogenantheils desselben Wirbels (Längsschliff). *a* Endochondrale Massen. *b* Lamellöser Knochen.

Tafel XXVII.

- Fig. 21. Stück eines Querschliffes durch die Peripherie desselben Wirbels. Periostale Knochenmassen.
- Fig. 22. Endochondraler Knochen des Bogenantheils desselben Wirbels. *a* Lamellöser Knochen. *b* Endochondrale Einlagerungen.
- Fig. 24. Stück eines Längsschliffes durch den Wirbel von *Thecodontosaurus* aus der Zone der *avicula contorta* (Ilminster England) (Museum München). *a* Chordaknorpel. *b* Endochondrale Knochenmasse des Bogenantheils des Wirbels.
- Fig. 26. Stück eines Längsschliffes durch den periostalen Antheil desselben Wirbels. *a* Bindegewebsknochen des periostalen Wirbels. *b* Einlagerungen des Bogenantheils. *c* Faserknochen an der Grenze des Bogenantheils des Wirbels. *d* Endochondraler Knochen des Bogenantheils.

Fig. 1



Fig 2



Fig 3



Fig 4



Fig 5



Fig 6



Fig 7



Fig 8



Fig 9



Fig 10



Fig 11



Fig 12



Fig 13



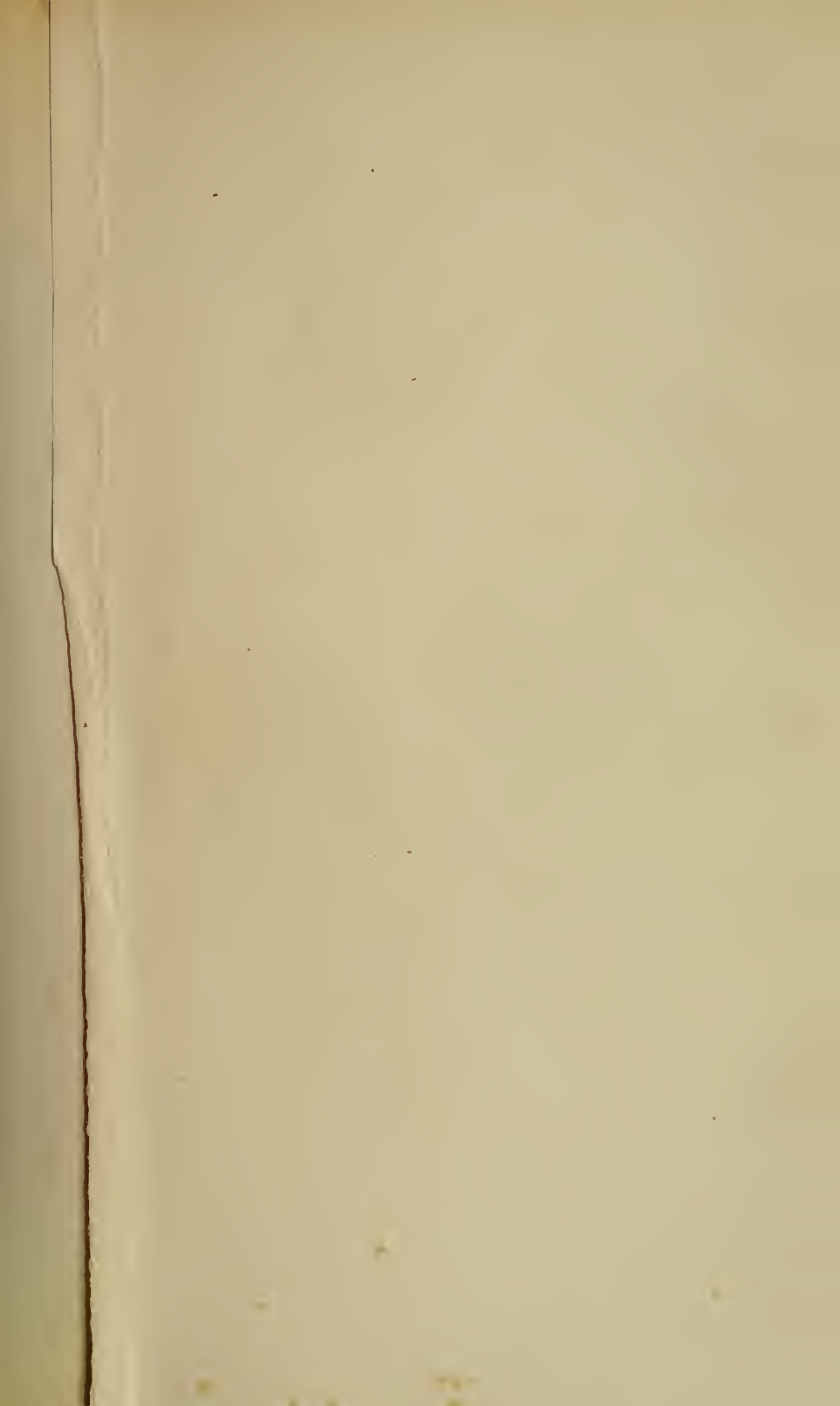


Fig 14

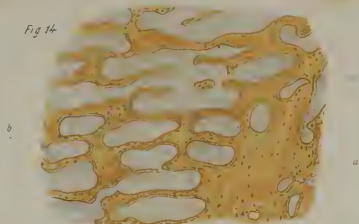


Fig 15

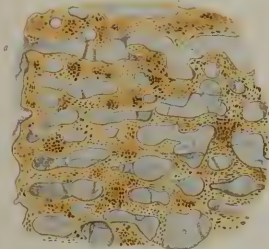


Fig 16

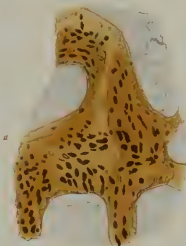
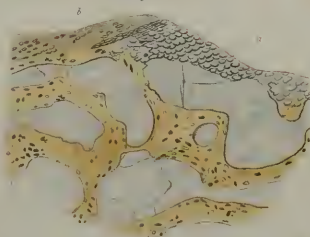


Fig 17



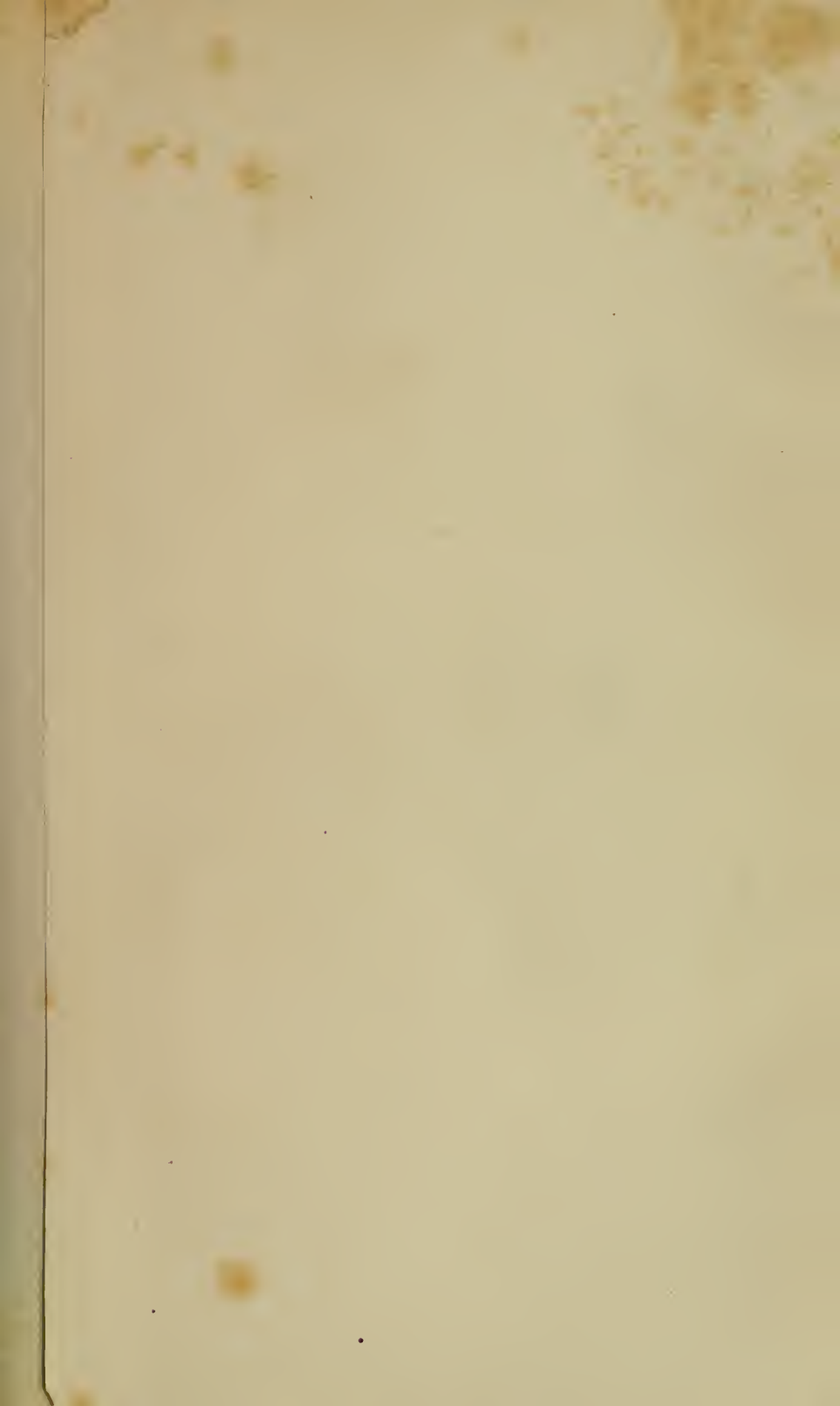


Fig 18

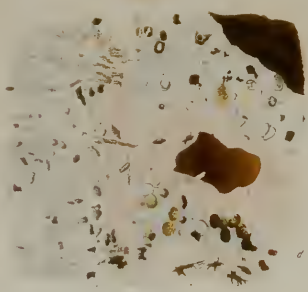


Fig 14 c b a



Fig 25

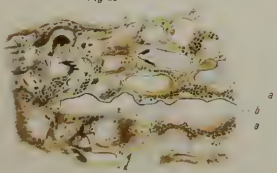


Fig 23

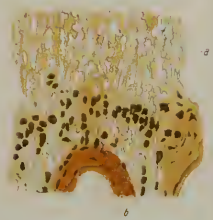


Fig 20



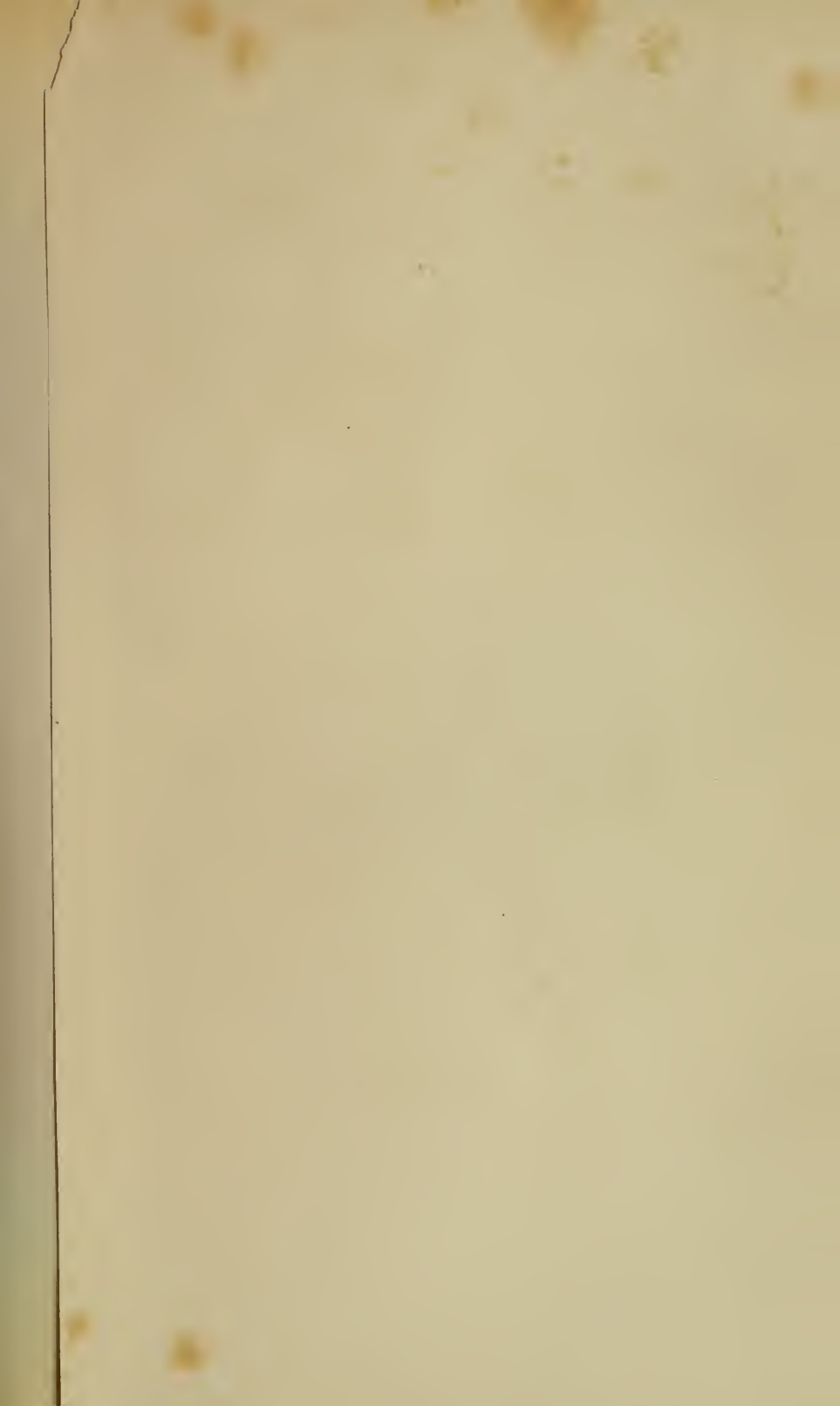


Fig. 21.

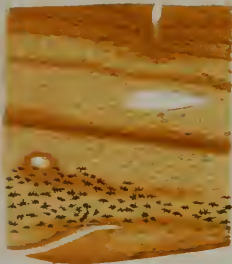


Fig. 22

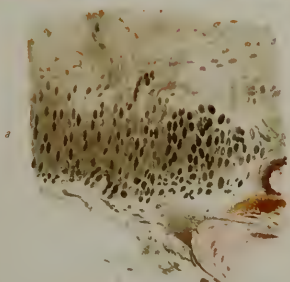
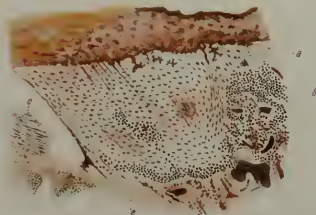


Fig. 24

Fig. 26



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Gegenbaurs Morphologisches Jahrbuch - Eine Zeitschrift für Anatomie und Entwicklungsgeschichte](#)

Jahr/Year: 1878

Band/Volume: [4](#)

Autor(en)/Author(s): Hasse Carl

Artikel/Article: [Die fossilen Wirbel. Morphologische Studien. 480-502](#)