

Ueber den Bau der Schwanzwirbelsäule der Salmoniden, Cyprinoiden, Percoiden und Cataphracten.

Von

Theophii Lotz aus Basel.

Eine von der medicinischen Facultät in Basel gekrönte Preisschrift.

Mit Taf. X—XIII.

Die Naturforscher sind erst in neuester Zeit auf ein Verhältniss aufmerksam geworden, das zwar überraschend ist, aber doch bei der ersten eingehenden Untersuchung eines Fischskeletes auffallen musste — auf die eigenthümliche Bildung der Schwanzwirbelsäule.

Es war zwar bekannt, dass dieselbe bei den Stören unsymmetrisch nach oben gekrümmt sei und die Schwanzflosse in Folge davon grösstentheils an ihre Unterseite zu liegen komme, und *Agassiz* wies in seinen »Poissons fossiles« bei den fossilen Ganoiden diese »Heterocercie« nach, wie er die unsymmetrische Bildung der Schwanzwirbelsäule im Gegensatz zur »Homocercie« nannte. Dass aber auch die meisten lebenden, äusserlich ganz homocerken Fische innerlich Heterocercie zeigen, blieb noch unbekannt und als *von Bür* und *Vogt* diese Asymmetrie im Embryonalzustand von *Cyprinus* und *Coregonus* entdeckten, erblickte *Agassiz* darin nur eine Parallele zwischen der Entwicklung der Classe und des Individuums. Diese fiel wenigstens theilweise, als *Agassiz* und *Vogt* 1845 in der »Anatomie des Salmones« zeigten, dass Heterocercie auch bei ausgewachsenen Salmonen stattfinde. Die genannten Forscher machten dabei gleichzeitig die unerwartete Entdeckung, dass die Wirbelsäule nicht mit dem letzten Wirbelkörper abgeschlossen sei, sondern dass sich über denselben hinaus auch im erwachsenen Zustande die Chorda dorsalis fortsetze. *Heckel* in Wien stellte 1850 darüber eingehendere Untersuchungen an, welche eine weitere Verbreitung der Heterocercie bei äusserlich scheinbar symmetrischer Schwanzflosse ergaben. Was die Endigung der Wirbelsäule betrifft, so trennte er die Fische in zwei Hauptabtheilungen: die einen, bei denen sich das Chordalende geschützt von Deckknochen zeit-

79

lebens erhält nannte er Dachschwänze (hierher gehören vor allem Salmo, Cyprinus etc.); die grosse Mehrzahl dagegen bildete die Abtheilung der Wirbelschwänze, d. h. die Chorda war bei ihnen »bis an ihr äusserstes Ende ossificirt oder zu Wirbelkörpern krystallisirt.«

Diese letztere Abtheilung hat sich als unrichtig herausgestellt, seitdem *Huxley* bei *Gasterosteus* und beim Aal gezeigt hat, dass auch hier die Chorda sich über den letzten Wirbelkörper hinaus in einen hohlen griffelförmigen Knochen (Urostyle) fortsetzt, der dem obern Rande des obern der 2 Flossenstrahlträger anliegt, so dass mit dieser Fortsetzung der Chorda eine ausgezeichnete Heterocercie verknüpft ist. *Huxley* stellte nun die Vermuthung auf alle Acanthopteri und diejenigen Malacopteri, welche nicht zu den Dachschwänzen gehören, werden sich diesem beim Stichling und beim Aal gefundenen Typus anschliessen.

Seither sind nur zwei Arbeiten erschienen, welche auf diesen Gegenstand Bezug haben: *Kölliker's* Festschrift auf das Jubiläum der Basler Universität: »Ueber das Ende der Wirbelsäule der Ganoiden und einiger Teleostier« und *Bruch's* »Vergleichende Osteologie des Rheinlachs«, letztere für diese Frage desshalb wichtig, weil *Bruch* die vergleichend-osteologische Bedeutung festzustellen sucht für die der Schwanzwirbelsäule von *Salmo* eigenthümlichen Gebilde.

Kölliker findet bei den von ihm untersuchten Genera überall mehr weniger deutliche Heterocercie vor, so dass sich — wie er in der Einleitung sagt — »in vollem Gegensatz zu früher die Frage erhebt, ob es überhaupt irgend einen Fisch mit einer ganz symmetrischen Bildung des hintern Endes der Wirbelsäule giebt.« Die Endigung der Wirbelsäule betreffend, so stimmen seine Resultate ganz mit den Resultaten und Vermuthungen *Huxley's* überein; *Kölliker* fasst alle über diesen Gegenstand bisher bekannt gewordenen Thatsachen in folgendes Schema zusammen:

A. Das Ende der Wirbelsäule ist gar nicht oder nur unvollständig verknöchert.

I. Das Ende der Wirbelsäule enthält keinen Spinalcanal sondern besteht

- 1) einzig und allein aus der Chorda,
Esox;
- 2) vorwiegend aus der Chorda, deren Ende jedoch von einer kurzen mehr weniger vollständigen Knorpelscheide umgeben ist,
Salmo, Alosa, Elops;
- 3) aus einem vollständigen Knorpelrohre, das im Innern die Chorda enthält,
Cyprinus.

II. Das Ende der Wirbelsäule besteht aus einem Knorpelrohre, das die Chorda enthält und auch das Rückenmark umschliesst.

Polypterus, Lepidosteus, Amia.

B. Das Ende der Wirbelsäule ist vollständig verknöchert.

I. Die Wirbelsäule ist am Ende nicht gegliedert, und besteht aus einem längern oder kürzern griffelförmigen Knochen (Urostyle, *Huxley*), der als eine um die Chorda gebildete Verknöcherung anzusehen ist und an seinem vordern Ende einem Wirbelkörper mehr weniger gleicht:

Alle (?) Acanthopteri, Malacopteri z. Th.

II. Die Wirbelsäule schliesst mit einem wirklichen einfachen Wirbelkörper ab:

Plagiostomen mit vollständig ossificirten Wirbeln.

1. Salmoniden.

Salmo salar (Taf. X. Fig. 2).

Die Heterocercie der Schwanzflosse ist sehr deutlich ausgeprägt, indem der grösste Theil der Flosse an der Unterseite der Wirbelsäule gelegen ist.

Bis und mit dem siebentletzten Wirbel zeigt die Schwanzwirbelsäule keine Abweichung von der normalen Beschaffenheit; der sechst- und fünftletzte weichen insofern bereits etwas ab, als bei ersterem der untere, bei letzterem der obere und der untere Bogen nicht knöchern mit dem Wirbelkörper verbunden, sondern knorplig in denselben eingesetzt sind. Vom viertletzten Wirbel an sind die Wirbelkörper anfangs schwach dann stärker nach oben gebogen und nehmen zugleich bis zum letzten an Grösse ab; sie besitzen an ihrer obern Seite sämmtlich flache Gruben zur Verbindung mit dem ersten Deckstücke. Der letzte und vorletzte Wirbelkörper lassen an ihrer Oberseite eine Lücke zwischen sich, in welche die Chorda bauchig vortritt. Aus der hintern Facette des letzten Wirbelkörpers geht das Chordalende (*q*) hervor, welches als ein etwa 4" langer, über 4''' dicker Cylinder sich nach hinten und oben erstreckt. Am hintern Ende der Chorda treten, indem sie selbst sich auskeilt drei Knorpelstücke auf, das stärkste median auf der Unterseite (*r*), während die zwei andern (*s*), etwas schwächern, an der Oberseite der Chorda ansitzen, das Ende des Rückenmarkscanals seitlich begrenzend. Die zwei obern Knorpelstücke sind von dem untern anfangs durch seitliche Gruben getrennt, welche Muskelfasern enthalten, an ihrem hintern Ende dagegen verschmelzen alle drei Stücke, so dass das Ende der eigentlichen Chorda ganz umgeben ist von einem Knorpelstück, das sich noch über das Ende derselben hinaus verlängert.

Die vordere Hälfte des Chordalendes wird umschlossen von Gebilden, welche der Wirbelsäule angehören, die hintere dagegen tritt frei aus dem Skelet heraus in die Flossenstrahlen, erhält aber dafür den beschriebenen Knorpelbeleg.

Was die untern Bogen betrifft, so besitzt bis zum drittletzten

Wirbel jeder Wirbelkörper je einen; sie sind, wie schon oben bemerkt, vom sechstletzten an knorplig mit den Wirbelkörpern verbunden und zwar in der Weise, dass die knorpligen Theile der Hämapophysen zu einem Keil verschmolzen in den Wirbelkörper eindringen; das Loch für die Caudalgefäße wird auf diese Weise ganz von den Hämapophysen umschlossen. Die Dornen dieser untern Bogen sind als Träger der kurzen Strahlen der Schwanzflosse verbreitert; diese Verbreiterung bewirkt aber auch noch eine eigenthümliche Verbindung der Dornen untereinander; der vordere Rand pflegt nämlich schuppenförmig verdünnt zu sein und in eine Rinne des verdickten hintern Randes des vorhergehenden Dornes zu passen. Der untere Bogen des drittletzten Wirbelkörpers besitzt an der Basis der Spina einen starken seitlichen Fortsatz, der die Austrittsöffnung der Caudalgefäße von vorn deckt.

Der zweitletzte Wirbelkörper besitzt zwei untere Bogen (*f* und *e*) die ebenfalls knorplig eingesetzt sind; der Dorn ist beim erstern derselben (*f*) ausserordentlich breit und entspricht zwei primordialen Stücken. — Der letzte Wirbelkörper besitzt ebenfalls zwei untere Bogen (*c* und *d*); dieselben sind jedoch nicht knorplig, sondern durch Nath mit demselben verbunden, wie es schon *Bruch* gesehen hat und wie auch die Entwicklungsgeschichte zeigt.

Ueber den genannten befinden sich endlich noch zwei freie untere Bogen (*a* und *b*), welche mit ihren gabligen vordern Enden den Anfang des Schwanzfadens umfassen; der obere der beiden (*a*) liegt in seinem ganzen Verlaufe der Unterseite des Schwanzfadens an. Alle diese untern Bogen vom sechstletzten Wirbel an haben knorplige Enden, ausserdem finden sich noch drei nennenswerthe selbstständige Knorpelstücke; eines (*i*) bildet eine Brücke über die knorpligen Enden der untern Bogen des fünft- und viertletzten Wirbels; ein zweites (*h*) sitzt den Enden der zwei folgenden untern Bogen an; endlich sitzt ein dreieckiges Knorpelstück (*g*) zwischen den Enden der untern Bogen des vorletzten und letzten Wirbels.

Die obern Bogen des fünft- und viertletzten Wirbels sind durch Knorpel mit den Wirbelkörpern verbunden; die Dornen zeigen schon vom sechstletzten an eine starke Verbreiterung und die oben beschriebene eigenthümliche Verbindung. Der obere Bogen des viertletzten Wirbels sendet von der Basis des Dornes aus eine mediane Knochenplatte (Taf. X. Fig. 4, *t*) nach hinten, welche von den verticalen Platten der grossen Deckstücke umfasst wird. Der drittletzte und vorletzte Wirbelkörper besitzen keine normalen obern Bogen, es sind nur Rudimente von Neurapophysen vorhanden in Gestalt von Knorpelkegeln (Fig. 4, *u* sind dieselben von der Forelle vergrössert dargestellt). Der letzte Wirbelkörper besitzt keine solchen. Es sind nun noch sechs (bis acht)paarige, und zwei (bis drei) mediane unpaare Knochen vorhanden. Die Paarigen, welche hauptsächlich zum Schutz des Chordalendes und des Neuralcanals dienen, sind die

schon von *Heckel* beschriebenen Deckstücke. (Der Name Deckknochen schliesst zugleich den Begriff »secundär« in sich und ist also von einer unrichtigen Zweideutigkeit, da diese Deckstücke sämmtlich primordialer Natur sind). Die Unpaaren dienen als Flossenstrahlträger und sind von *Kölliker* »falsche obere Dornen« genannt worden, da sie der Lage nach obere Dornen entsprechen.

Das erste Deckstück (*k*) ist weitaus das grösste; es zerfällt in eine horizontale und verticale Platte; die erstere legt sich in die flachen Gruben an der Oberseite der vier letzten Wirbelkörper und ist mit ihnen ligamentös verknüpft; mit ihrem obersten Ende deckt sie noch den Anfang des Schwanzfadens. Die verticale Platte erstreckt sich von ihr aus bis zum oberen Bogen des viertletzten Wirbels, den hintern Rand desselben und den untern Theil der falschen Dornen bedeckend; sie besitzt auf der Innenseite eine Längsleiste, welche mit der entsprechenden des gegenüberliegenden Deckstücks den Neuralcanal von oben schliesst und den falschen Dornen eine Stütze gewährt.

Das zweite Deckstück (*l*) ist ein länglicher, oben verbreiteter Knochenstab, der mit seinem untern Ende das obere Ende des grossen Deckstücks bedeckt, mit seinem oberen Theil dem Schwanzfaden anliegt; das dritte Deckstück (*m*) verhält sich ebenso zum zweiten und erstreckt sich nach oben bis zum Beginn der Knorpelstreifen. Auf der einen Seite fand sich, wie diess auch *Kölliker* erwähnt, noch ein viertes kleines Deckstückchen; ich traf dasselbe auch häufig in der Entwicklungsgeschichte, doch scheint es nicht ganz constant zu sein.

Zwischen den grossen Deckstücken stecken nun die »falschen Dornen« (*n* und *oo'*) normal zwei, oft auch drei an der Zahl, griffelförmige Knochenstäbe, oben knorplig endend, unten zwischen den Deckstücken sitzend und von ihren Längsleisten gestützt. Ueber dem Ende der falschen Dornen finden sich zwei freie Knorpelstücke (*p*).

Von der Deutung dieser Theile wird, soweit es möglich ist, am Schluss der Entwicklungsgeschichte (pag. 99 u. ff.) die Rede sein. Was die Schwanzflosse selbst betrifft, so besteht sie aus 10 oberen und 9 untern langen Strahlen, die sämmtlich unterhalb des Chordalendes sich ansetzen; kurze Strahlen, deren erste noch gegliedert sind, besitzt die Flosse auf der Oberseite und Unterseite je circa 10. Das Chordalende liegt in der Gabel des ersten kurzen Strahles auf der Oberseite.

Die histologischen Verhältnisse des Chordalendes sind folgende: Der Endfaden besteht in seinem vordern Theile nur aus der Chorda, welche die aus *Kölliker's* Untersuchungen bekannten vier Schichten zeigt: eine *Elastica externa* (Taf. X. Fig. 4 u. 5, *a*), eine sehr starke *Fibrosa* (*b*), eine *Elastica interna* (*c*) und endlich die eigentliche Gallertsubstanz (*d*), in derselben pflegt sich bei alten Thieren eine verkalkte Axe zu befinden (*i*), um welche die Zellen radiär angeordnet sind; auch die Chordalscheide zeigt in diesem Falle einige ringförmige Ossificationen. Am

Ende treten dann die schon erwähnten drei Knorpelstücke auf, zwei kleinere (*e*) an der Oberseite, ein stärkeres (*f*) auf der Unterseite. Bei ältern Thieren ist der der Chorda anliegende Theil des untern Knorpelstücks verkalkt (*g*). Nach aussen von diesem verkalkten Knorpel, der zum Theil eingeschmolzen und von Markräumen durchsetzt ist, findet sich ächter Knochen (*h*); dieser entsteht nach *Kölliker* »indem sich auf diese Verkalkung vom Perichondrium aus noch ächter Knochen mit den typischen Zellen der Salmonen ablagert«. Solcher Knochen kann selbst auf der Oberseite der Chorda vorhanden sein, so dass diese dann mit Ausnahme der zwei Stellen wo die obern Knorpel (*e*) ihr anliegen, ganz umknöchert ist.

Salmo fario (Taf. X. Fig. 4)

schliesst sich vollständig an *S. salar* an; nur zeigte der Endfaden keine Verkalkungen. Die Schwanzflosse hat 10 obere und 9 untere lange Strahlen, und oben und unten je circa 12 kurze, deren 3 erste noch gegliedert sind.

Thymallus vexillifer (Taf. X. Fig. 3).

Die Esche zeigt eine unbedeutende aber constante Abweichung vom sonstigen Salmonidencharakter. Der viertletzte Wirbelkörper nämlich besitzt nicht wie bei den andern Salmoniden einen knorplig eingesetzten obern Bogen mit langem Dorn, sondern der obere Bogen ist knöchern mit dem Wirbelkörper verbunden, der Dorn desselben sehr verbreitert und niedrig. Ueber demselben liegt ein selbstständiger griffelförmiger unten etwas verbreiteter Knochen (*x*), es ist also statt eines langen Dorns ein weiterer »falscher Dorn« vorhanden. Die verticalen Platten der grossen Deckstücke sind schmal und umfassen kaum die untern Enden der zwei falschen Dornen. Fig. 3 von Taf. X zeigt eine bei der Forelle und Esche häufige unsymmetrische Entwicklung der Knorpelstücke am Schwanzfaden.

2. Cyprinoiden.

Die folgende Beschreibung der Schwanzwirbelsäule von

Barbus fluviatilis (Taf. X. Fig. 6—9)

stimmt mit Ausnahme untergeordneter Einzelheiten ganz überein mit der Beschreibung, die *Kölliker* von *Cyprinus carpio* giebt.

Bis und mit dem viertletzten Wirbel sind die Verhältnisse ganz normal; der drittletzte Wirbel besitzt in der Regel zwei obere Bogen, deren Dornen bereits als Stützen der kurzen Flossenstrahlen dienen, diess ist übrigens nicht constant; es kann auch nur ein oberer Bogen vorhanden sein oder es kann der vorletzte Wirbel deren zwei besitzen, während er in der Regel nur einen besitzt, dessen Dorn mit einem knorpligen Ende versehen ist. Der vorletzte und noch mehr der letzte Wirbelkörper sind nach oben gebogen; der letztere ist sehr klein und besitzt einen obern

Bogen mit kurzem lanzettförmigen Dorn (*l*); an seinem hintern Ende läuft er in zwei paarige schräg nach hinten und nach oben gerichtete Knochenbalken aus, welche die Function und wohl auch die Bedeutung der grossen Deckstücke besitzen, die beim Lachs diese Stelle einnehmen (*m*); sie fassen nämlich den Endfaden zwischen sich, der ohne Zusammenhang mit dem zwischen den Facetten des letzten und vorletzten Wirbelkörpers enthaltenen Chordatheile, ausnehmend dünn an der Hinterseite des letzten Wirbelkörpers beginnt und allmählich dicker werdend sich noch circa 3''' über das Ende der Ausläufer hinaus in die Flossenstrahlen fortsetzt, wobei er theilweise noch von einem dünnen selbstständigen Deckstäbchen (*n*) begleitet wird. Das verdickte stumpfe Ende des Schwanzfadens wird durch hyalinen Knorpel gebildet, der besonders auf der Unterseite in Gestalt eines zum Theil verkalkten Dornes vorragt (*o*).

Zwischen dem kurzen obern Bogen des letzten Wirbels und dessen Ausläufern befindet sich noch ein freier »falscher Dorn« (*p*), der mit knorpligem Ende versehen ist.

Das System der untern Bogen ist auf folgende Weise angeordnet:

Der drittletzte Wirbelkörper besitzt einen untern Bogen, der knöchern mit ihm verschmolzen ist. Der untere Bogen des vorletzten Wirbels dagegen (*h*), der bereits als Träger der langen Flossenstrahlen mitwirkt, ist durch Nath mit dem Wirbelkörper verbunden. An den letzten Wirbelkörper setzen sich drei untere Bogen an, welche sämmtlich ziemlich verbreiterte Dornen besitzen. Der erste derselben (*g*) hat die schon vom Lachs her bekannten seitlichen Fortsätze, welche die Austrittsöffnung der Caudalgefässe bezeichnen; er stimmt mit dem entsprechenden Knochen vom Lachs auch darin überein, dass er knorplig in den Wirbelkörper eingesetzt ist und zwar derart, dass der Gefässcanal ganz von seinen Bogenstücken umschlossen wird. Der folgende Bogen (*f*) ist ebenfalls durch Nath sowohl mit dem Wirbelkörper als mit der Basis des vorhergehenden verbunden; der dritte dagegen (*e*) ist knöchern mit dem Körper verschmolzen. Die nun folgenden vier untern Bogen sind freie Knochenstücke, von denen die drei obern (*a*, *b*, *c*) zwischen die Ausläufer des letzten Körpers eingekeilt sind, der vierte (*d*) zwischen dem vorbergehenden und dem folgenden Flossenträger (*e*).

Alle die genannten untern Bogen enden an ihrem peripherischen Rande knorplig; ausserdem finden sich noch zwei freie Knorpelstücke. Das eine (*i*) füllt die Lücke zwischen dem vierten und fünften Flossenträger aus; das andere (*k*) sitzt den knorpligen Enden des siebenten und achten Trägers an.

Was den feinem Bau des Chordaaens betrifft (Taf. X. Fig. 7—9) so ist es dadurch ausgezeichnet, dass es von einer Hülle aus Netzknorpel (*a*) rings umgeben ist; dieser ist wie es *Kölliker* beim Karpfen beschreibt sehr reich an Fasern, so dass er elastischem Gewebe ähnlich sieht, zumal die Zellen nicht sehr deutlich hervortreten. Diese Netzknorpelhülle

wird jedoch bei der Barbe nie so dick, wie beim Karpfen, sie beginnt äusserst dünn und nimmt mit der Chorda an Dicke zu, erreicht aber nie den Durchmesser der Faserschicht (*c*). Im hintern Drittheil erhält die Chorda einen hyalin knorpeligen Beleg, in Gestalt von zwei seitlichen Knorpelbalken (*f*), die an Breite und Dicke zunehmen, während die Chorda mit ihrer Netzknorpelscheide immer dünner wird, letztere geht auf Durchschnitten ohne bestimmte Grenze in den hyalinen Knorpel über. Die Chorda hört endlich auf und der Knorpel bildet über 4''' lang das letzte Ende des Schwanzfadens, das durch den erwähnten nach unten ragenden Dorn eine fünfseitige Gestalt erhält (Taf. X. Fig. 9).

Die Schwanzflosse besitzt 10 obere und 9 untere lange Flossenstrahlen, welche sich an die acht untern Bogen *a—h* ansetzen; kurze Strahlen, von denen die ersten noch gegliedert zu sein pflegen, finden sich auf der Oberseite 10, auf der Unterseite 8; der erste kürzere Strahl auf der Oberseite umfasst (wie beim Lachs) mit seiner Gabel den Schwanzfaden.

3. Cataphracten.

Die Chorda ist bis an ihr Ende verknöchert; die Heterocercie ist wenn auch äusserlich sehr versteckt, so stark als bei den vorhergehenden Familien.

Cottus gobio (Taf. X. Fig. 10).

Bis zum drittletzten Wirbel zeigt die Schwanzwirbelsäule nichts Besonderes; der vorletzte Wirbel hat nur das Eigenthümliche, dass sein oberer Dorn sehr breit und oben gespalten ist, so dass er aus zwei verschmolzenen Dornen zu bestehen scheint; der Dorn des untern Bogens (*c*) endet knorpelig; sein vorderer Rand ist zu einer dünnen Schuppe verbreitert. Der letzte Wirbelkörper ist mit den ihm anliegenden Flossenstrahlträgern, sowie mit dem die Chorda umhüllenden griffelförmigen Knochen zu einem knöchernen Complex verschmolzen.

Der Wirbelkörper selbst bildet einen schwach nach oben gerichteten Kegel mit nach vorn gewendeter Facette; diese schliesst jedoch die Chorda nicht ab, sondern sie hat hinten eine feine Oeffnung (Taf. XI. Fig. 12, *c*), durch welche die Chorda sich in einen knöchernen Cylinder fortsetzt (Taf. X. Fig. 10 u. Taf. XI. Fig. 11 *u*), den *Huxley* Urostyle genannt hat. Dieser ist nicht nur mit dem Wirbelkörper, sondern zu einem grossen Theile auch mit dem seiner Unterseite anliegenden Flossenträger (*a*) knöchern verschmolzen. Das Ende der Chorda (Taf. XI. Fig. 12) erfüllt das Urostyle nicht in seiner ganzen Länge sondern nur im vordersten Theile; der hintere Theil des Knochens ist von Markräumen durchsetzt (Taf. XI. Fig. 12, *d*).

Der letzte Wirbelkörper besitzt einen breiten obern Bogen mit sehr kurzem Dorn (Taf. X. Fig. 10, *d* u. XI. Fig. 11, *c*); eine Fortsetzung dieses Bogens verläuft in Gestalt paariger Leisten auf der Oberseite des Urostyle und umschliesst das Ende des Rückenmarks.

Gestützt von dem obern Bogen des letzten Wirbels liegen zwischen dem Dorn des vorletzten Wirbels und dem Urostyle drei »falsche Dornen« (Taf. X. Fig. 10, *e, f, g*) griffelförmige Knochenstäbe, von denen die hintern knorplig endigen. Untere Bogen besitzt der letzte Wirbel zwei (*a, b*), in Gestalt breiter Platten, welche sowohl mit dem Körper als auch theilweise unter sich knöchern verschmolzen sind; sie tragen je eine Hälfte der langen Flossenstrahlen und da sie beide unterhalb des Urostyle gelegen sind, so kommt wie bei den vorhergehenden Familien die ganze Schwanzflosse mit Ausnahme der kurzen Strahlen der obern Hälfte unterhalb von der Chorda zu liegen. Die Schwanzflosse wird gebildet durch 7 obere und 6 untere lange Strahlen, denen sich oben und unten noch je 5 kürzere anschliessen, deren erste ebenfalls gegliedert sind.

Was den feinem Bau der Chorda betrifft, so ist nur die eigentliche Gallertsubstanz sichtbar (Taf. XI. Fig. 12, *e*); die Bestandtheile der Scheide scheinen vollständig von dem knöchernen Wirbelkörper absorbiert; nach längerer Maceration lässt sich eine dünne innerste Schicht des Körpers als continuirlicher Kegel lostrennen; diese entspricht wohl dem aus der Verknöcherung der Chordascheide hervorgegangenen Theil des Wirbelkörpers; die Gallertsubstanz scheint bei geringer Vergrösserung längstreifig; eine stärkere Vergrösserung zeigt, dass dieses Verhalten in den parallel der Längsrichtung der Chorda gelagerten länglichen Zellen seinen Grund hat.

Gasterosteus aculeatus (Taf. XI. Fig. 14).

Der Stichling unterscheidet sich nur durch untergeordnete Abweichungen von *Cottus*; die Wirbelsäule ist bis zum vorletzten Wirbel ganz normal; der letzte Wirbel hat wie bei *Cottus* einen kurzen obern Bogen (*c*) mit diesem wie mit dem Urostyle und den zwei untern Bogen ist der Körper knöchern verwachsen; über dem obern Bogen findet sich dagegen hier nur Ein »falscher Dorn«, der nicht knorplig endigt. Die Schwanzflosse besitzt in ihrer obern und untern Hälfte je 6 lange und 5 kurze Strahlen.

4. Percoiden.

Perca fluviatilis (Taf. XI. Fig. 13).

Die Percoiden haben mit den Cataphracten den Grundcharakter gemein, dass die Chorda bis an ihr Ende verknöchert ist und es erweist sich *Huxley's* Vermuthung in dieser Beziehung als richtig; sie vereinigen aber damit einen äussern Habitus, der von dem der Cataphracten ganz verschieden ist und an die Salmoniden und Cyprinoiden erinnert. Die Wirbel sind bis zum viertletzten ganz normal gebaut und mit langen obern und untern Dornen versehen, welche beim viert- und fünftletzten Wirbel schon als Träger der kurzen Flossenstrahlen dienen.

Die Wirbelkörper verlaufen parallel ihrer Axe bis zum vorletz-

ten, der schwach nach oben gerichtet ist; der letzte Wirbelkörper zeigt einen complicirteren Bau (Taf. XI. Fig. 44—46).

Der eigentliche Körper ist ein etwas schief nach oben gerichteter Kegel, der sich mit conischer Facette an den vorletzten Körper anschliesst. An seinem hintern Rande sendet er zwei Ausläufer (*a*) schief nach hinten und oben; dieselben sind in ihrem vordern Theil durch eine Querbrücke (*b*) verbunden, auf welcher sich ein medianer Kamm (*c*) erhebt; dadurch kommen zwei seitliche Gruben (*d*) zu Stande, welche nach innen von der Crista, nach aussen von dem erhöhten Rande je eines Ausläufers umschlossen werden und zur Aufnahme der obern Bogenstücke des letzten Wirbels bestimmt sind.

Ueber das Verhalten der Chorda geben Längsschnitte durch den letzten Wirbelkörper Aufschluss. Die conische Facette besitzt hinten eine feine Oeffnung, durch welche eine kurze und dünne Fortsetzung der Chorda in ein Knochenstäbchen (Taf. XI. Fig. 47, *u*) sich erstreckt, das die Bedeutung eines Urostyle hat. Es liegt mit seiner Oberseite der Unterseite des medianen Kamms (*g*) an und ist mit diesem, wie auch mit dem Wirbelkörper, dessen gerade Fortsetzung es darstellt, knöchern verwachsen; seitlich wird es geschützt von den untern Rändern der beiden Ausläufer. Die Chorda erfüllt nur den vordern Theil des Urostyle, der hintere ist solid. Das histologische Verhalten der Chorda stimmt ganz überein mit dem bei den Cataphracten.

Die obern Bogen sind in der Regel vom drittletzten Wirbel an modificirt: der drittletzte besitzt einen obern Bogen mit sehr kurzem Dorn; selten hat derselbe die normale Länge; dagegen ist letzteres die Regel bei *Acerina cernua*, die sich im übrigen ganz an *Perca* anschliesst. Der vorletzte Wirbel hat einen breiten Bogen mit kurzem dünnen Dorn (Taf. XI. Fig. 43, *k*). Der obere Bogen des letzten Wirbels tritt in Gestalt paariger länglicher Knochenplatten (Taf. XI. Fig. 43, *m* u. 46, *e* und 48, *a*) auf, welche sich in die Gruben an der Oberseite des Körpers, jedoch ohne knorplige Verbindung einsetzen. Jedes Bogenstück wird durch eine auf der Innenseite verlaufende Längsleiste (Taf. XI. Fig. 46, *f*) in zwei Abtheilungen getheilt, die untere (*e*¹) erstreckt sich herab zum obern Rande des Ausläufers und umfasst mit der entsprechenden Hälfte des gegenüberliegenden Bogenstücks einen Flossenträger (Taf. XI. Fig. 43, *a*); der Theil des Knochens überhalb der Leiste bildet eine dünne nach vorn gerichtete Schuppe (Taf. XI. Fig. 46, *e*²) analog der verticalen Platte des grossen Deckstücks beim Lachs; die Leisten selbst, indem sie sich gegenseitig aneinander legen, bilden eine Brücke, welche das Ende des Rückenmarks trägt. Ueber den obern Bogen der zwei letzten Wirbel liegen drei »falsche Dornen« (Taf. XI. Fig. 43, *l*), griffelförmige oben knorplig endende Knochen.

Die untern Bogen verhalten sich folgendermassen: Der drittletzte und der vorletzte Wirbel besitzen je einen knorplig eingesetzten untern

Bogen. Ausnahmsweise zeigt auch schon derjenige des viertletzten Wirbels diese Verbindungsweise. An den letzten Wirbelkörper sind, ebenfalls knorplig, drei untere Bogen befestigt mit verbreiterten Dornen (Taf. XI. Fig. 13 u. 17, *f, e, d*). Der erste derselben besitzt starke seitliche Fortsätze, die bekannten Begleiter der Austrittsöffnung der Caudalgänge. Ueber diesen drei knorplig eingesetzten befinden sich zwei untere Bogen, welche zwischen die Ausläufer eingekleimt sind (Taf. XI. Fig. 13 u. 17, *b, c*); der obere derselben liegt unmittelbar der Unterseite des Urostyle an. Umfasst von den Bogenstücken des letzten Wirbels vorn an das Urostyle und den medianen Kamm (Taf. XI. Fig. 17, *g* und *u*) anstossend, ist noch ein letzter Flossenstrahlträger vorhanden (*a*), der weder den unteren Bogen noch den falschen Dornen kann beigezählt werden, indem er weder über, noch unter dem Urostyle liegt, sondern in der geraden Verlängerung desselben; er nimmt auch wirklich als Flossenträger die Stelle ein, welche bei Cyprinoiden und Salmoniden der Endfaden einnimmt; an ihn setzt sich nämlich der erste kurze Strahl der obern Hälfte, der bei den genannten Familien constant den Endfaden umfasst.

Alle diese Flossenträger enden knorplig; überdiess finden sich noch zwei selbstständige Knorpelstücke, das eine (Taf. XI. Fig. 13, *h*) liegt zwischen den Enden des zweiten und des dritten untern Bogens (*c* und *d*); das andere *i* zwischen den Enden der untern Bogen des drittletzten und vorletzten Wirbels. Die Schwanzflosse selbst besteht aus 9 obern und 8 untern langen Strahlen; alle obern langen Strahlen werden von den zwei Platten *b* und *c* getragen, kommen also unter die Chorda zu liegen, so dass die Schwanzflosse der Percoiden im Grad der Heterocercie mit den frühern Familien übereinstimmt; oben und unten schliessen sich noch je circa 12 kurze Strahlen an, von denen die ersten noch gegliedert sind.

Entwicklungsgeschichte der Schwanzwirbelsäule von *Salmo salar*.

Ueber die vergleichend-osteologische Bedeutung der Gebilde, welche der Schwanzwirbelsäule bei verschiedenen Familien eigenthümlich sind, kann natürlich nur die Entwicklungsgeschichte endgültigen Aufschluss geben. Diese ist nur beiläufig und ungenügend berücksichtigt worden bei den bisherigen Arbeiten über Entwicklungsgeschichte von Fischen, indem die specielle Untersuchung der Schwanzwirbelsäule wegen näher liegender Fragen in den Hintergrund trat. Die neueste Arbeit dieser Art ist: *Lereboullet*, »Embryologie de la truite commune« in den *Annales des sciences naturelles*; Zoologie Bd. XVI.

Zu einer entwicklungsgeschichtlichen Untersuchung der Schwanzwirbelsäule wählte ich *Salmo salar*, weil der erwachsene Zustand dieser Species schon von *Bruch* eingehend war untersucht worden. Ich unterliess es Species verschiedener Familien in Untersuchung zu ziehen, weil

schon die Untersuchung einer einzigen die Zeit eines in solchen Arbeiten Unerfahrenen genügend in Anspruch nimmt, zugleich in der Hoffnung, es werde diese einzige Beobachtungsreihe zu Resultaten führen auch über die Verhältnisse bei andern Familien. Diess war nun allerdings nicht der Fall: im Gegentheil ist für jeden eigenthümlichen Typus in der Bildung der Schwanzwirbelsäule auch eine besondere entwicklungsgeschichtliche Untersuchung nöthig.

Eine solche vergleichende Entwicklungsgeschichte wird nicht nur die Analogien der Gebilde bei verschiedenen Familien unter einander darthun, sondern auch die Analogien derselben mit Wirbeltheilen sicherstellen.

Was die Zeitangaben betrifft, welche sich in dem Nachfolgenden finden, so haben sie nur den relativen Werth, dass sie die Succession im Auftreten der Theile erkennen lassen, absolut haben sie durchaus keinen, indem die mehr oder weniger reichliche Versorgung mit frischem Wasser auf die Entwicklung der Fischchen einen grossen Einfluss übt und zwar schon innerhalb des Eies, so dass eben ausgeschlüpfte Thierchen auf ziemlich verschiedener Entwicklungsstufe stehen können. Die Zeitangaben in der vorliegenden Untersuchung beziehen sich auf Fischchen von verspäteter Entwicklung.

Die Verhältnisse am ersten Tage

gleich nach dem Ausschlüpfen des Lachses aus dem Ei sind folgende (Taf. XI. Fig. 49):

Die Chorda stellt sich dar als continuirlicher hinten spitz auslaufender Cylinder, der beim Beginn der Schwanzflosse nach oben umgebogen ist, so dass die Schwanzflosse zum grössten Theil ($\frac{4}{5}$) an ihre untere Seite zu liegen kommt, wie im erwachsenen Zustande. Die Salmonen sind schon beim Ausschlüpfen aus dem Ei entschieden heterocerk. Doch biegt sich die Chorda in der Folge noch etwas stärker nach oben. Was ihre Zusammensetzung betrifft, so scheinen die elastischen Membranen noch ganz zu fehlen; die Scheide besteht bloss aus der Faserhaut, welche ganz durchsichtig ist, so dass die Zellen der von ihr eingeschlossnen Gallertsubstanz deutlich sichtbar sind.

Ueber der Chorda verläuft bis zu ihrer Spitze gleichfalls sich auskeilend der Rückenmarksschlauch; unter derselben die Blutgefässe bis über die Umbiegungsstelle der Chorda, wo sie in die Schwanzflosse ausstrahlen.

Das Skelet (soweit es überhaupt primordialer Natur ist) ist grösstentheils noch nicht knorpelig vorgebildet. An der Stelle des zukünftigen Knorpels findet sich ein Gewebe, das bei geringer Vergrösserung feinkörnig erscheint, bei starker als Anhäufung kleiner runder Zellen, der embryonalen Bildungszellen sich ausweist. Dieses Gewebe erleidet nun in der Folge eine zwiefache Metamorphose.

Einestheils nämlich vergrössern sich die runden Zellchen, ihre Wan-

dungen werden hell und erhalten einen gewissen Glanz und es scheidet sich allmählich eine spärliche Intercellularsubstanz aus; es entsteht hyaliner Knorpel.

Zwischen diesen Knorpelstreifen aber, welche obern und untern Bogen entsprechen, bleiben Streifen des ursprünglichen Gewebes, welche eine andere Verwandlung eingehen. Die Zellen vergrößern sich ebenfalls und scheiden Intercellularsubstanz aus; dann aber verlängern sie sich immer mehr und wachsen zu Spindelzellen aus, die in spätern Stadien sehr schmal werden und verkümmern, so dass sie nur noch als Längsstreifen in der Intercellularsubstanz erkenntlich sind (Bindegewebe). Dieser Differenzirungsprocess des ursprünglichen embryonalen Gewebes zu abwechselnden Streifen von Knorpel und Bindegewebe steht bei dem ausschlüpfenden Lachse erst in seinen Anfängen. Kleine der Chorda beiderseits von Neural- und Hämalcanal ansitzende Knorpelkegelchen als Anlagen der obern und untern Bogenstücke sind erst in der vordern Körperhälfte vorhanden. Knorpelige Gebilde finden sich dann nach längerer Unterbrechung erst wieder in der Schwanzflosse. Es sind nämlich an der Unterseite der Chorda über ihrer Umbiegungsstelle zwei Knorpelstreifen vorhanden (Taf. XI. Fig. 19, *a* und *b*), der hintere (*a*) entspricht einem untern Bogen des letzten Wirbelkörpers (Taf. X. Fig. 2, *d*), der vordere (*b*) einem untern Bogen des vorletzten (Taf. X. Fig. 2, *e*), so dass also die der Mitte der Schwanzflosse zunächst gelegenen Flossenstrahlträger zuerst vorgebildet sind. Dieselben sitzen nicht der Chorda an, sondern entstehen getrennt von derselben mitten in den embryonalen Bildungszellen und zwar nicht paarig sondern median. Sie haben die Entstehung getrennt von der Chorda, wie sich später zeigen wird, mit noch andern untern Bogen gemein und es ist das um so beachtenswerther, als *Lereboullet* die obern und untern Bogen bei der nahverwandten Forelle auf ganz andere Weise entstehen lässt. Er sagt pg. 185: »La gaine de la corde s'est changée en substance cartilagineuse, et de cette gaine partent des appendices qui constituent les rudiments des apophyses épineuses supérieures et inférieures. — Il suit de là . . . que les apophyses épineuses sont des appendices squelettiques qui proviennent de la gaine cartilagineuse de la corde.«

Beim Lachs ist von einem Knorpeligwerden der Chordascheide keine Rede; die meisten obern und untern Bogen entstehen allerdings an der Chorda; dass sie derselben aber nur mit verbreiteter Basis ansitzen und dass dieselbe ihren oben beschriebenen Bau besitzt, zeigt jeder Querschnitt (Taf. XIII. Fig. 28).

Nachdem sich noch innerhalb des Eies die in der Mitte der Schwanzflosse liegenden untern Bogen knorpelig vorgebildet haben, schreitet die Knorpelbildung in den ersten Tagen nach dem Ausschlüpfen rasch weiter und es entstehen successive (2—7. Tag) ein weiterer unterer Bogen des vorletzten (Taf. XI. Fig. 20, *c*) und die des drittlezten (*d*) und

viertletzten Wirbels (*e*), dann auch der zweite untere Bogen des letzten Wirbels (*f*). Unterdessen füllt sich die Lücke zwischen diesen knorpligen Gebilden in der Schwanzflosse und denjenigen in der vordern Körperhälfte auch immer mehr aus, indem von vorn nach hinten der Reihe nach fast gleichzeitig die obern und die untern Bogenstücke auftreten. Die Reihe der untern Bogen wird so nach und nach zu einer ununterbrochenen (Taf. XI. Fig. 20); diejenigen des fünft- und sechstletzten Wirbels werden zuletzt gebildet, sie sind die Grenzen, wo von vorn und von hinten her die Reihe der untern Bogen sich schliesst.

Was schon von den zwei zuerst gebildeten untern Bogen der Schwanzflosse ist erwähnt worden, dass sie nämlich getrennt von der Chorda entstehen, das gilt von allen untern Bogen vom sechstletzten Wirbel an. Dieses Verhältniss ist jedoch nur gleich beim Auftreten der Theile oder kurz nach demselben sichtbar, indem die Knorpelstücke rasch wachsen, sich zur Umschliessung des Hämalcanals gablig theilen und die so entstandenen Bogenstücke bald die Chorda erreichen. Doch sind diese Knorpelstücke bei dem viertletzten und noch mehr bei dem fünft- und sechstletzten Wirbel von Anfang an der Chorda mehr genähert und entstehen möglicherweise paarig an der Unterseite des Hämalcanals. Die Dornen des vorletzten Wirbels, welche kein Hämalcanal mehr von der Chorda trennt, bleiben bis zur Chorda ungetheilt und legen sich mit ihren sehr verbreiterten und bald verschmelzenden Basen an dieselbe an. Die untern Dornen des letzten Wirbels (*a* und *f*) wachsen zwar auch bis zur Chorda, bleiben aber immer noch etwas getrennt, was mit ihrem spätern Verhalten zu dem Wirbelkörper zusammenhängt.

Die Neuralbogen entstehen der Reihe nach von vorn nach hinten und zwar sämmtlich an der Chorda. Bis zum 40—44. Tage (Taf. XII. Fig. 24) sind alle normalen obern Bogen (bis zum viertletzten Wirbelkörper) und alle untern mit Ausnahme der zwei freien Flossenstrahlträger knorplig vorgebildet.

Ungefähr vom siebenten Tage an treten die ersten deutlichen Flossenstrahlen auf; beim ausschlüpfenden Fischchen sind noch keine solchen ausgebildet, sondern der Rand der Schwanzflosse zeigt eine feine radiäre Streifung, welche von äusserst feinen durchsichtigen Strahlen herrührt, die an Rissstellen (Taf. XI. Fig. 20, *r*) aus der übrigen Substanz hervorragen. Die eigentlichen Flossenstrahlen nun bestehen von Anfang an aus paarigen Theilen, welche jedoch innig einander anliegen mit Ausnahme des vordern Endes, wo sie gablig auseinander weichend das hintere Ende ihrer Träger umfassen; im übrigen erscheinen sie ganz homogen und nur am Ende ausgefasert in jene feinen primitiven Strahlen. Essigsäure lässt jedoch erkennen, dass sie in ihrer ganzen Länge nur aus einem Büschel solcher feinen Strahlen bestehen (Taf. XIII. Fig. 29), deren Entstehung noch in das Eileben des Thieres zurückfällt. Deutliche Zellen oder Kerne treten durch Essigsäure nicht hervor, wenn man nicht kleine

unregelmässig umschriebene Lücken als solche beanspruchen darf (?). So wie die Flossenstrahlen eine bedeutendere Länge erreicht haben, fangen sie an sich zu gliedern; wie dieser Vorgang zu Stande kommt ist ebenfalls nicht deutlich erkennbar; der Bruchrand ist unregelmässig gezackt. Später, wenn die Strahlen verknöchern, zeigen sie parallel ihrer Axe Reihen von länglichen unregelmässigen Knochenkörperchen (Taf. XIII. Fig. 30). Von den Flossenstrahlen treten, wie von ihren Trägern, zuerst die der Mitte der Schwanzflosse zunächst gelegenen auf; diese sind daher anfangs die längsten und die Schwanzflosse behält ihre embryonale runde Form (Taf. XII. Fig. 22), bis die Randstrahlen die mittlern Strahlen allmählich überholen, wodurch sie die erwachsene Form erhält.

In der Bildung knorpeliger Theile tritt vom 10—11. Tage an eine kleine Pause ein, während die vorhandenen sich bedeutend vergrössern. Die an der Chorda entstandenen Bogenstücke verlängern sich und fliessen über dem Rückenmarks- resp. Gefässcanal zu medianen Knorpelbaiken (Dornen) zusammen, welche anfangs niedrig später immer höher werden, so dass die Länge eines solchen »Dorns« bald dem Querdurchmesser der Chorda gleichkommt.

Das nächste neu auftretende Stück (am 14. Tag) ist der erste freie Flossenstrahlträger (Taf. XII. Fig. 22, *h*); er entsteht, sowie auch später der zweite, getrennt von der Chorda. Diesem folgt (am 16—17. Tag) ein Knorpelstück von keilförmiger Gestalt (*i*), dessen Spitze der Chorda zugekehrt ist, sie aber nie erreicht.

Es tritt an der untern Seite von *c*, dem ersten untern Bogen des vorletzten Wirbels selbstständig auf, verschmilzt aber gleich mit ihm, obgleich Stellung und Gestalt der Knorpelzellen oft noch lange die Grenzlinie erkennen lassen. Der im erwachsenen Zustand sehr breite Dorn (Taf. X. Fig. 2, *f*) ist also aus zwei primordialen Stücken hervorgegangen.

Am 17—18. Tag wird über dem Neuralcanal hinter dem letzten normalen obern Bogen (*g*) der erste falsche Dorn *k* gebildet. Fast gleichzeitig entsteht an der Oberseite der Chorda ein Knorpelstreifen (*l*), der dem obern Rande der Chorda und dem Neuralcanal entlang sich erstreckt. Es kann das der Lage nach nur das erste Deckstück sein; dieses (sowie die übrigen) ist primordial vorgebildet, während *Bruch* sie als rein secundär bezeichnet. Dem ersten Deckstücke folgt der zweite falsche Dorn (*m*) und endlich der zweite freie Flossenstrahlträger (*n*). Die falschen Dornen treten aber nicht immer in dieser normalen Zahl auf; es kann sich, wie im erwachsenen Zustande ein dritter falscher Dorn vorfinden, in welchem Fall dann oft der vorderste der falschen Dornen mit dem Dorn des letzten obern Bogens verschmilzt (Taf. XII. Fig. 26, *k*¹), oder es ist ein ganzer überzähliger Bogen vorhanden, so dass dann der viertletzte Wirbelkörper zwei obere Bogen erhält (Taf. XIII. Fig. 34).

Noch bevor durch die weitem Deckstücke (Taf. XII. Fig. 26, *o*, *p*) und die rudimentären obern Bogenstücke des drittletzten und vorletzten

Wirbelkörpers (ib. *g*) die Reihe der primordial entstehenden Theile abgeschlossen wird, tritt die Schranke des Knorpelwachsthums, die Verknöcherung auf (Taf. XII. Fig. 23 und 24).

Am ersten Deckstücke, also an einem der zuletzt gebildeten knorpeligen Theile treten zuerst gegen den 30. Tag an den Rändern schmale durchsichtige aber scharf contourirte Säume auf; diese rühren her von einer den Knorpelstreifen rings umziehenden Knochenschicht, die aber so durchsichtig ist, dass sie nur am Rande sichtbar wird, während in der Mitte der Knorpel unverändert durchblickt. Diese glashelle Knochenschicht, an welcher keine zelligen Elemente wahrnehmbar sind, ist wohl als vom Perichondrium aus abgelagert zu betrachten, wofür besonders der Umstand spricht, dass sie sich gerade am ersten Deckstücke später über den Umfang des Knorpels hinaus als dünne Knochenschuppe verbreitert, was also nicht auf Kosten des Knorpels geschehen kann; gegen diesen ist sie im Gegentheil mit etwas welligem Rande scharf abgesetzt und er bleibt vorläufig unverändert; er wächst, da die erste Anlagerung des Knochens in der Mitte stattfindet, am obern und untern Ende weiter, bis allmählich die Knochenschicht den Knorpel auch an den Enden rings umgiebt und so allem Wachsthum ein Ziel setzt. Diess geschieht vor allem am untern Ende, wo diese Knochenschicht sich nach und nach verbreitert (Taf. XII. Fig. 24) und unregelmässige Lückenräume zwischen sich lassend einerseits zu einer dünnen Schuppe auswächst (*a*), welche der verticalen Platte des Deckstücks entspricht, anderseits anfangs mehr stabförmig (*b*) die horizontale Platte dieses Knochens darstellt.

Eine solche glashelle Umknöcherungsschicht tritt nun in der Folge an all den genannten knorpeligen Gebilden auf mit einziger Ausnahme der rudimentären obern Bogenstücke des drittletzten und vorletzten Wirbels; überall entsteht sie zuerst in der Mitte und dehnt sich beiderseits gegen die Enden der Knorpelstreifen aus. Nur bei den Deckstücken aber werden auch die Enden schon früh umschlossen, so dass alles weitere Wachsthum nur durch Periostablagerung möglich ist. Bei allen obern und untern Bogen bleiben die Enden, — bei den untern Bogen des viertletzten bis vorletzten Wirbelkörpers auch seitliche Fortsätze an der Basis der Dornen (Taf. XIII. Fig. 31, *a*) — noch frei, so dass der Knorpel, wenn auch nicht mehr in die Dicke, so doch in die Länge wachsen kann. Die untern Bogen des letzten Wirbelkörpers und die freien Flossenstrahlträger machen insofern eine Ausnahme, als hier das centrale Ende von der Knochenschicht umschlossen wird und ein Wachsthum des Knorpels nur noch am peripherischen Ende stattfindet. Bei den übrigen Bogen wachsen sowohl die Bogenstücke mit ihren der Chorda anliegenden verbreiterten Basen, als auch die Dornen an ihren peripherischen Enden weiter. Diese letztern erreichen so nach und nach im hintern Theile der Schwanzwirbelsäule eine Länge, welche den Durchmesser des Hämalecanais um das Doppelte bis Dreifache übertrifft (Taf. XII. Fig. 25).

Nun beginnt aber auch bei diesen ein Unterschied sich bemerkbar zu machen. Die untern Dornen vom sechstletzten Wirbel an die im erwachsenen Zustand knorplig enden, werden von der Umknöcherschicht an ihren Enden nicht umschlossen; sie wachsen dort immer knorplig fort (Taf. XII. Fig. 25, *d*). Die Dornen der weiter nach vorn gelegenen Wirbel werden an ihren Enden nach und nach umknöchert (*b*); diess tritt um so früher ein, je weiter nach vorn in der Schwanzwirbelsäule wir gehen; das ganze weitere Wachsthum kann nur periostal stattfinden und es ist daher erklärlich, wenn *Bruch*, der nur den erwachsenen Zustand untersucht hat, sie als rein secundär bezeichnet. (Die specielleren Consequenzen folgen bei der Besprechung der Bedeutung dieser Theile pag. 99 u. ff.).

Es fehlt nun zur Vervollständigung des Wirbels nur noch ein Theil:

Der Wirbelkörper.

Die Wirbelkörper entstehen ungefähr gegen Ende des vierten Monats; sie sind rein secundäre Bildungen; die Wirbelkörperbildung beginnt am vordern Ende der Chorda, schreitet aber rasch nach hinten weiter. Bis dahin stellt die Chorda immer den continuirlichen Cylinder dar, wie am ersten Tage; das erste Anzeichen der Wirbelkörperbildung besteht darin, dass um die Chordascheide eine starke Bindegewebsentwicklung stattfindet, in dieser Anlage von lockigem Bindegewebe entsteht der Wirbelkörper; an der Unterseite der Chorda entsteht zuerst eine Kalkablagerung um die Ansatzstelle der untern Bogenstücke; diese dünne Knochenlamelle umwächst dann nach und nach die Chorda und wird zu einem Ring, welcher die knorpligen Basen der Bogen trägt; gegen diesen Knorpel grenzt sich der Wirbelkörper mit unregelmässig gezacktem Rande ab. Zwischen den Wirbelkörpern bleiben anfangs noch breite Ringe der Chordascheide frei.

Taf. XII. Fig. 25 zeigt diese erste Wirbelkörperanlage in verschiedenen Entwicklungsstufen.

Die Wirbelkörper sind anfangs so dünn, dass sie auf Querschnitten kaum sichtbar werden, dagegen zeigen Längsschnitte ein anderes Verhältniss. Während nämlich die Wirbelkörper noch keine Verengung der Chorda bewirkt haben, sondern einfache Ringe darstellen, deren Weite dem Durchmesser der Chorda entspricht, erscheinen die zwischen den Wirbelkörpern gelegenen Ringe der Chordascheide eingestülpt (Taf. XIII. Fig. 27, *e*) und bilden verdickte Ligamenta intervertebralia; diesen ringförmigen Einstülpungen der Scheide entsprechen natürlich Einschnürungen der Gallertsubstanz; diese zeigt daher abwechselnd eingeengte Stellen, welche zwischen den Wirbelkörpern und erweiterte Stellen, welche innerhalb der Wirbelkörper gelegen sind. Später bei der Weiterentwicklung kehrt sich dieses Verhältniss gerade um; die Abschnitte der Chorda innerhalb der Wirbelkörper werden an der Erweiterung gehindert und

von den dazwischen gelegenen überholt; sie erscheinen daher später als die verengten Abschnitte.

Die knöchernen Wirbelkörper erscheinen in ihrer ersten Anlage als homogen, bald aber treten spindelförmige Knochenzellen und die charakteristischen Rippen und Sculpturen auf.

Mit den Bogen gehen auch Veränderungen vor, welche sie mehr und mehr dem erwachsenen Zustande näher bringen.

Bei denjenigen Dornen, welche an ihrem Ende umknöchert sind, verlängert sich die homogene Knochenschicht über dem umschlossenen Knorpel (Taf. XIII. Fig. 31, c) und hält mit dem Längswachstum der knorpelig endenden Dornen Schritt. Scharf geschieden aber von dieser medianen zellenlosen Schicht (c) lagern sich seitlich schmalere Knochenstreifen (b) auf, welche deutliche spindelförmige Zellen zeigen. Den knorpelig endenden Dornen fehlen soweit die vorliegenden Beobachtungen reichen, diese seitlich aufgelagerten Knochenstreifen.

Der Knorpel, der, umschlossen von der homogenen Knochenschicht, Monate lang ganz unverändert sich erhalten hatte, geht nun auch seinem Untergang entgegen; die Knorpelstreifen beginnen meist vom centralen und peripherischen Ende aus, seltener in der Mitte zu verkalken, doch immer so, dass wenigstens anfangs an den Enden noch unverkalkte Knorpelsäume bleiben, welche weiter wachsen (Taf. XIII. Fig. 31, f). In dem Gitter, welches durch die Verkalkung der spärlichen Intercellularsubstanz entsteht, sind anfangs die Zellen noch deutlich erkennbar; ihr späteres Schicksal jedoch ist nicht genau nachweisbar. Die verkalkte Intercellularsubstanz wird nämlich resorbirt und an der Stelle des einstigen Knorpels findet sich eine Markhöhle, welche mit zerstreuten — durch fettige Degeneration der Knorpelzellen entstandenen (?) — Fetttropfen erfüllt ist.

Den Wirbelkörpern gegenüber verhalten sich die Bogen in verschiedener Weise, wie das schon der erwachsene Zustand erwarten lässt. Die untern Bogen bis zum sechstletzten, die obern bis zum fünftletzten Wirbel verschmelzen knöchern mit den Körpern; hier bleibt kein weiter wachsender Knorpelsaum übrig, sondern die knorpeligen Basen der Bogenstücke verkalken in ihrem ganzen Umfang, während auch die periostalen Schichten an Körper und Bogen sich immer mehr nähern, bis endlich ein ununterbrochener knöcherner Zusammenhang besteht.

Durch diese Veränderungen ist der Zustand der Schwanzwirbelsäule im Alter von etwa $\frac{1}{2}$ Jahre in seinen Grundzügen ganz dem erwachsenen ähnlich geworden und Taf. XIII. Fig. 31 schliesst in dieser Hinsicht die Entwicklungsgeschichte ab, indem sie sich an den erwachsenen Zustand (Taf. X. Fig. 2) eng anschliesst.

Die Wirbelkörper haben sich soweit entwickelt, dass nur noch sehr schmale Ligamenta intervertebralia vorhanden sind; nur zwischen dem drittletzten und vorletzten und noch mehr zwischen diesem und dem letzten sind noch breite Ringe der Chorda frei geblieben. Am Ende der

Chorda ist bereits der Knorpelbeleg (*d*) aufgetreten, der hauptsächlich auf der Unterseite entwickelt ist, doch am Ende auch auf die Oberseite übergreift und die Chorda ganz umfasst.

Die obern Bogen sind bis zum siebentletzten, die untern bis zum achtletzten mit den Wirbelkörpern knöchern verschmolzen; bei dem folgenden obern und untern Bogen ist dieser Process erst im Werden und noch ein schmaler unverkalkter Knorpelsaum (*i*) übrig. Die übrigen untern Bogen bis zum vorletzten Wirbel, welche im erwachsenen Zustande knorplig mit ihren Körpern verbunden sind, zeigen an ihren Enden (und an ihren seitlichen Fortsätzen, wo sich solche finden) breite weiter wachsende Knorpelsäume; weiter nach innen undurchsichtige Zonen verkalkten Knorpels (*g*) der im mittlern Theile der Dornen grösstentheils einem von Fett erfüllten Markraume Platz gemacht hat.

Die untern Bogen des letzten Wirbels sind an ihrem centralen Ende umknöchert und hängen mit dem Körper nicht näher zusammen; die freien untern Bogen sind an ihrem vordern gablig getheilten Ende ebenfalls umknöchert.

Von den obern Bogen des fünft- und viertletzten Wirbels ist es bemerkenswerth, dass ihre peripherischen Enden noch knorplig weiter wachsen, während sie im erwachsenen Zustand knöchern enden; ihre Umknöchering fällt also in eine spätere Zeit, ein Umstand, der sich in *Bruch's* Deutung dieser Theile geltend macht. Der viertletzte Wirbel besitzt in dem dargestellten Falle zwei obere Bogen, deren hinterer schon den medianen Fortsatz (*k*) zeigt, ganz analog dem erwachsenen Zustande (Taf. X. Fig. 1, *t*). — Der drittletzte und der vorletzte Wirbelkörper tragen die schon erwähnten rudimentären Neurapophysen, kleine Knorpelstücke, welche keine Verknöchering zeigen.

Das erste Deckstück der rechten Seite — die der linken sind entfernt — hat ganz die Form des erwachsenen; seine knorplige Anlage hat sich noch immer erhalten und liegt genau dem letzten Wirbelkörper an. Zwischen den untern Bogen des vorletzten und des letzten Wirbels ist bereits ein selbstständiges Knorpelstück *e* (Taf. X. Fig. 1 u. 2, *g*) ausgebildet.

Bedeutung der in der Schwanzwirbelsäule von *Salmo* sich findenden eigenthümlichen Gebilde.

Sowohl *Bruch* als *Kölliker* haben über diesen Punkt ihre Ansichten geäußert, letzterer mehr nur als Hypothesen; ersterer gestützt auf seine eingehende Untersuchung des erwachsenen Skeletes von *Salmo*. Die beiderseitigen Ansichten stehen sich fast diametral gegenüber.

Kölliker sagt darüber (»Ende der Wirbelsäule etc.« pag. 14): »Ueber die Bedeutung der Deckknochen und der falschen Dornen wird es ohne die Entwicklung des Schwanzes des Lachses genau verfolgt zu haben

nicht möglich sein, etwas Bestimmtes zu sagen und will ich daher auf meine Ansicht, nach welcher der grosse Deckknochen die verschmolzenen Bogen der zwei oder drei letzten Wirbel darstellt und die zwei kleinen Deckknochen als Bogen zum Endfaden gehören, kein grösseres Gewicht legen. Die falschen obern Dornen kann man als freie wirkliche Dornen des zweiten und dritten Wirbels betrachten, denen sie in der Lage entsprechen oder als Flossenstrahlträger (*Ossa interspinalia*), denen die entsprechenden Bogen und Dornen fehlen. «

Alle auf der Unterseite der Wirbelkörper befestigten Stücke betrachtet *Kölliker* als untere Bogen. Von den Knorpelstücken, welche am drittletzten und vorletzten Wirbelkörper beidseits vom Neuralcanal sitzen und die von *Bruch* als Bogenstücke gedeutet werden, sagt *Kölliker* (pag. 13): »es finden sich an den Körpern des zweiten und dritten Wirbels noch die Knorpelkeile, welche sonst die Bogen tragen.« Daraus erklärt es sich, dass er die grossen Deckknochen als verschmolzene Bogen der zwei bis drei letzten Wirbel auffasst.

Bruch verfolgt im Gegensatz zu *Kölliker's* Ansichten mit der äussersten Consequenz die Theorie, dass primordiale und secundäre Theile von Grund aus verschieden seien und in der vergleichenden Osteologie nie mit einander könnten verglichen werden, dass analoge und homologe Theile immer nur entweder durchgehends primordial oder durchgehends secundär, nie aber in einem Fall dieses im andern Fall jenes sein könnten. Immer primordial sind nach *Bruch* die Bogenstücke und die *Ossa interspinalia*; immer secundär die Wirbelkörper und die Dornen.

Diese Anschauung leitet *Bruch* bei der Deutung der Gebilde in der Schwanzwirbelsäule. Er betrachtet demgemäss die Knorpelstücke an der Oberseite des zweiten und dritten Wirbels als Bogenstücke. Die grossen Deckplatten hält er für rein secundär und deutet sie demgemäss als Dornstücke zu diesen Bogenstücken. Von den übrigen Deckstücken, die er ebenfalls für secundär hält, sagt *Bruch* »sie können unbedenklich als freie Dornhälften angesehen werden.« *Bruch* wird, da ihm alle Spinae secundär sind und demgemäss kein primordialer Theil das Analogon einer Spina sein kann, genöthigt für alle die primordialen Theile, die *Kölliker* einfach als Dornen unterer Bogen versteht, eine andere Deutung zu suchen. Er nimmt zu diesem Zweck eine complicirtere Zusammensetzung dieser Gebilde an. Er sagt, speciell über den untern Dorn des drittletzten Wirbels (*Osteologie des Rheinlachs* pag. 16): »Der Dorn selbst, welcher mit einer knorpligen Endapophyse versehen ist, also auf keinen Fall einem Rückenwirbeldorn entspricht, erscheint vielmehr aus wenigstens drei Stücken zusammengesetzt, einem mittlern unpaaren von cylindrischer Gestalt, dem die knorplige Endapophyse angehört und zwei seitlichen spitzen Auflagerungsplatten, welche weiterhin auf die Querfortsätze der Bogenstücke übergehen. Hier kann wohl nur an einen primordialen Flossenstrahlträger gedacht werden, welcher zwischen die Dorn-

hälften des untern Bogenstücks eingeschaltet und mit ihnen durch secundäre Synostose verschmolzen ist. Ein ganz ähnliches Verhältniss zeigen Durchschnitte der drei vorhergehenden Wirbel. « . . . » Ob auch an den obern Bogenstücken dieser drei Wirbel solche Verschmelzungen stattgefunden ist schwerer zu entscheiden, da ihre Dornen keine knorpeligen Apophysen besitzen, aber doch wahrscheinlich, da Durchschnitte die selbstständige Markröhre der dazu gehörigen Flossenstrahlträger verrathen. Ein medianer Durchschnitt durch die breite Platte, welche sich an den vorletzten Wirbel ansetzt (Taf. X. Fig. 4 u. 2, f; Taf. XII. Fig. 22, c+i) zeigt, dass hier eine Verschmelzung von mindestens drei primordiales Stücken stattgefunden, von denen wohl zwei Flossenträger waren. Ja eine genauere Prüfung zeigt, dass die beiden freien Bogenstücke, welche an diesem Wirbel sitzen . . . an ihrem vordern Ende eine gemeinsame knorpelige Apophyse haben, womit sie in die entsprechende Grube des vorletzten Wirbels eingebettet sind, so dass es zweifelhaft wird, ob hier zwei Bogenstücke vorhanden sind oder nur eins derselben ein solches enthält, welches diesem Wirbelkörper zu entsprechen hätte. « Die untern Bogen des letzten Wirbelkörpers hält *Bruch*, da sie nicht knorpelig mit demselben verbunden sind, für einfache Flossenstrahlträger und glaubt sie seien je aus mehreren primordiales Stücken zusammengesetzt. Von den zwei freien untern Bogen endlich sagt *Bruch*: »Hier scheint ein Flossenträger mit je zwei Dornhälften verschmolzen zu sein, dessen Bogenstücke nicht zur Entwicklung gekommen sind. « Die falschen Dornen sind nach *Bruch* »isolirte Flossenträger. «

Wie verhält sich nun gegenüber diesen Deutungen die Entwicklungsgeschichte?

Soweit es sich um einfache Thatsachen handelt, die keiner weitem Erörterung bedürfen, verweise ich auf die Zusammenstellung am Schluss.

Was die Knorpelstücke am drittletzten und vorletzten Wirbelkörper betrifft, so spricht die Entwicklungsgeschichte für *Bruch's* Ansicht, dass es wirklich obere Bogenstücke seien; auch sind ja die »Knorpelkeile, welche die obern Bogen tragen« — wie *Kölliker* sie nennt, keine Bildungen sui generis sondern eben nur die unverknöcherten Theile der Bogen.

Das grosse Deckstück, welches *Kölliker* für die verschmolzenen Bogenstücke der drei letzten Wirbel hält, wird dadurch darauf beschränkt, Bogenstück des letzten Wirbels zu sein; es entsteht auch wirklich nur aus einem primordiales Stück; und eben die primordiale Entstehung wird auch *Bruch* nöthigen damit übereinzustimmen, während er die Deckstücke als secundär und demgemäss als Dornen der rudimentären Bogenstücke erklärt.

Aus demselben Grund sind die kleinen Deckstücke, wie es *Kölliker* gethan hat, als obere Bogen des Endfadens zu deuten.

Eine nähere Discussion erfordert die complicirte Zusammensetzung der knorplig endenden untern Bogen, welche *Bruch* annimmt. Diese sind in der Entwicklung allerdings durch ein Verhältniss ausgezeichnet, welches für *Bruch's* Ansichten spricht; sie entstehen nämlich getrennt von der Chorda und, was wenigstens für diejenigen vom viertletzten Wirbel an sicher ist, median; diess scheinen die »Flossenstrahlträger« *Bruch's* zu sein; für diese Thatsache lässt sich allerdings keine nähere Ursache anführen, wenn sie nicht vielleicht durch die Gefässvertheilung bedingt ist(?); jedenfalls ist sie das Einzige, was für *Bruch's* Theorie spricht. Dieser zufolge müssten später selbstständige Bogenstücke entstehen und mit den medianen »Flossenstrahlträgern« verschmelzen. Allein davon findet sich keine Spur, sondern die »Flossenstrahlträger« umwachsen gablig den Gefässcanal, soweit ein solcher vorhanden ist, und legen sich an die Chorda an. Was nun mehr für sich hat, die Bogenstücke aus Flossenstrahlträgern hervorwachsen zu lassen — oder aber primordiale Spinae anzunehmen durch deren Gablung die Bogenstücke entstehen, mag hier noch als unentschieden gelten. Die Vergleichung mit den weiter nach vorn gelegenen — erwachsen secundären — Dornen jedoch scheint mir evident für die Möglichkeit primordiale Dornen zu sprechen. Abgesehen von der besprochenen Entstehung ist in der Entwicklung zwischen den untern Bogen vom sechstletzten Wirbel an und den weiter nach vorn gelegenen untern Bogen sowie allen obern Bogen durchaus kein Unterschied. Die an der Chorda entstandenen Bogenstücke schliessen sich über dem Neural- resp. Gefässcanal zu medianen Dornen und das weitere Wachsthum ist bis zu einem gewissen Alter ganz gleich. Diese Dornen hat *Bruch* gesehen, er sagt (Wirbeltheorie des Schädels am Skelette des Lachses geprüft, pag. 49): »Was meine eigenen Erfahrungen in diesem Gebiete betrifft, so hatte ich zwar noch keine Gelegenheit die Entwicklung des Lachses zu verfolgen (1), doch habe ich an jungen Exemplaren von *Salmo fario*, welche noch den Dottersack in der Leibeshöhle enthielten, so viel gesehen, dass die Wirbelsäule zu dieser Zeit schon eine sehr complicirte Structur zeigt. . . . Auf diese schlauchförmige formgebende Scheide der Chorda waren 4 knorplige Bogenstücke mit breiterer Basis aufgesetzt, die sich an den Schwanzwirbeln oben und unten zu niedern Spitzbogen verbanden, welche nur die Höhe von Säugethierwirbeldornen hatten. . . Von Verknöcherung und Dornfortsätzen wie sie den Fischen eigen sind, war daran keine Spur. Offenbar waren die Dornstücke sowohl als der ringförmige Wirbelkörper noch nicht gebildet« u. s. w.

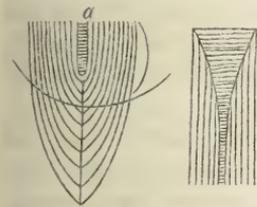
Also weil sie zu einer gewissen Zeit noch kurz sind, sind es »offenbar« nicht die eigentlichen Dornen.

Allein die Weiterverfolgung zeigt, dass diese Dornen im hintern Theil der Schwanzwirbelsäule eine Länge erreichen, welche derjenigen der »Flossenstrahlträger« gleich kommt und die der Bogenstücke um das Dreifache übertrifft. Taf. XII. Fig. 25 (nach einem Präparat mit genauer Wie-

dergabe der Längsdimensionen. Vergrößerung 400) zeigt dieses Verhältniss; *b* und *c* gehören dem achten und siebenten Wirbel an; es sind also uneigentliche Dornen, denn erwachsen sind diese Dornen rein secundär, *d* dagegen, das dem sechsten Wirbel angehört, ist »Flossenstrahlträger« und auch im erwachsenen Zustande primordialer Natur.

Was bringt nun zwischen diesen Knorpelstücken, die ganz gleich sind einen solchen Unterschied hervor? Es ist eine zwar constante aber principiell unwichtige Ursache: die Verknöcherung. Sie umschliesst die untern Dornen bis zum siebenten Wirbel an ihren peripherischen Enden und bannt dadurch den Knorpel auf seinem embryonalen Standpunkt fest. Bei den untern Dornen vom sechstletzten Wirbel an, den »Flossenstrahlträgern« bleibt das peripherische Ende von der Verknöcherung frei und der Knorpel wächst bis zum erwachsenen Zustande weiter. Ob nun ein primordialer Theil knöchern umwachsen wird oder nicht — er ist primordial.

Dass im erwachsenen Zustand dieses Verhältniss ganz verwischt ist, erklärt sich leicht aus nebenstehenden Schemata.



Das ganz umknöcherte Knorpelstück *a* ist an weiterm Wachsthum gehemmt; der weitaus grösste Theil des Knochens wird gebildet durch periostale Ablagerung von beiden Seiten (daher die »paarigen« secundären Dornen *Bruch's*). Der Knorpel schmilzt ein und ist im erwachsenen Zustand nur durch einen Markraum vertreten; da jedoch der

centrale Theil der Spina, welcher den Markraum enthält bei der allmählichen Erweiterung des Gefässcanals resorbirt wird, so erscheint der erwachsene Knochen rein secundär.

Ganz anders bei den Dornen vom sechstletzten Wirbel an; das Dickenwachsthum des Knochens geht auch hier periostal vor sich, am Ende aber wuchert der Knorpel weiter und zwar mit der jeweiligen durch das Periostalwachsthum erlangten Dicke des Knochens Schritt haltend. Erwachsen besteht daher ein solcher Dorn aus einem mittlern nach dem peripherischen Ende immer breiter werdenden Stück von Knorpel resp. primordialelem Knochen oder Markraum und jederseits einem periostal entstandenen Knochentheil, das ist der »zwischen die paarigen secundären Dornen eingeschobene primordiale Flossenstrahlträger« *Bruch's*.

Erwiesen ist also, dass auch die Dornen vor dem sechsten Wirbel primordial angelegt sind und giebt es überhaupt primordiale Dornen, so braucht man auch für die untern Bogen vom sechsten Wirbel an nicht mehr diese complicirte Zusammensetzung *Bruch's*. Allein *Bruch* wird daraus den entgegengesetzten Schluss ziehen; er wird nämlich in all diesen Schwanzwirbeldornen die complicirte Zusammensetzung (aus medianem Flossenstrahlträger und paarigen secundären Dornen) annehmen. Den ersten Schritt hiezu hat *Bruch* bereits gethan.

Die obern Dornen des fünft- und viertletzten Wirbels, welche er-

wachsen nicht knorplig enden, sind doch im Alter von einem halben Jahre (Taf. XIII. Fig. 31) noch nicht von der Verknöcherung an ihrem peripherischen Ende umschlossen, die knöcherne Umschliessung findet also erst verhältnissmässig spät statt; die durch Zusammenfluss paariger Bogenstücke entstandenen knorpligen Dornen haben dadurch Gelegenheit sich stark zu verlängern und daher kommt es, dass noch im erwachsenen Zustand ein Theil des an ihre Stelle getretenen Markraums sichtbar ist. *Bruch* sagt nun darüber: »Ob auch an den obern Bogenstücken dieser drei (des sechsten bis vierten) Wirbel solche Verschmelzungen stattgefunden ist schwerer zu entscheiden, da ihre Dornen keine knorpligen Apophysen haben, aber doch wahrscheinlich, da Durchschnitte die selbstständige Markröhre der dazu gehörigen Flossenstrahlträger verrathen.«

Ich wiederhole es, selbstständige Flossenstrahlträger sind im Bereich der Schwanzflosse (mit Ausnahme natürlich der »falschen Dornen«) nirgends vorgebildet; durch Zusammenfluss paariger Bogenstücke entstehen mediane Knorpelbalken; diese können daher kaum eine andere Bedeutung haben als die von Dornen; wo aber mediane Stücke vorgebildet sind, gehen durch Gablung derselben Bogenstücke hervor, was ebenfalls für die Deutung als Dornen spricht.

Die durch die Verknöcherung bewirkten Aenderungen sind principiell unwichtig, am allerwenigsten wird sich eine Theorie darauf stützen können, welche die Analogie eines Theils auf seine secundäre oder primordiale Entstehungsweise basirt, also mit einem embryonalen Maassstab misst; sie wird diesen Maassstab nicht an den erwachsenen, sondern an den embryonalen Zustand des Skeletes anlegen müssen.

Als wesentliches Resultat möchte ich daher den Satz aufstellen: Sämmtliche (obere wie untere) Dornen der Schwanzwirbelsäule von *Salmo* sind primordial vorgebildet.

Dieses Resultat ist denn auch keineswegs unerwartet; bei dem innigen Zusammenhang zwischen Bindegewebe, Knorpel und Knochen, den die neuere Histologie nachgewiesen hat, ist es im Gegentheil unwahrscheinlich, dass das Fehlen oder Vorhandensein eines Durchgangsstadiums bei der Knochenbildung für die osteologische Bedeutung derselben maassgebend sein könne.

Die speciellen Resultate sind in der folgenden Tabelle pg. 105 mit den Deutungen *Kolliker's* und *Bruch's* vergleichend zusammengestellt.

Es bleibt mir noch übrig um Entschuldigung zu bitten, wenn ich gegenüber einer Autorität wie *Bruch* mich allzuschroff sollte ausgesprochen haben.

Die Worte, mit welchen *Bruch* seine »Wirbeltheorie des Schädels« schliesst, mögen auch den Schluss der vorliegenden Arbeit bilden: »Der vergleichenden Entwicklungsgeschichte ist die grösste Aufgabe vorbehalten, sie ist es, auf welche vorzugsweise unsere Zeit stolz sein kann, und

Deutung der in der Schwanzwirbelsäule von Salmo sich findenden Gebilde.

Nach Kölliker.	Nach Bruch.	Nach der Entwicklungsgeschichte.
Obere und untere Bogen bis zum 7letzten Wirbelk.	Untere und obere Bogen mit secundären Dornen.	Untere und obere Bogen mit primordiales Dornen.
Obere Bogen des 6-4. letzten Wirbels.	Wahrscheinlich zusammengesetzt aus Bogenstücken, secundären Dornen und primordiales Flossenstrahlträger.	Obere Bogen mit primordiales Dornen.
Knorpelstücke am drittletzten u. vorletzten Wirbelk.	»Knorpelkeile, welche die Bogen tragen.«	Rudimentäre obere Bogenstücke.
Grosse Deckstücke.	Verschmolzene Bogen der 2-3letzten Wirbel.	Bogenstücke des letzten Wirbels.
Kleinere Deckstücke.	»Freie Dornhälften.«	Bogenstücke des Endfadens.
»Falsche Dornen.«	Dornen der 2-3letzten Wirbel oder: Freie Flossenstrahlträger.	Dornen der 2-3 letzten Wirbel oder: Freie Flossenstrahlträger.
Untere Bogen vom 6. letzten — 2 letzten Wirbel.	Zusammengesetzt aus: Bogenstücken, paarigen secundären Dornen u. primordiales Flossenstrahlträger.	Untere Bogen mit primordiales Dornen.
Erster unterer Bogen des vorletzten Wirbels.	Besteht aus mindetens 3 primordiales Stücken.	Besteht aus 2 primordiales Stücken.
Untere Bogen des letzten Wirbels.	Einfache Flossenstrahlträger je aus mehreren primordiales Stücken.	Untere Bogen aus je 4 primordiales Stück.
Freie untere Bogen.	Zusammengesetzt aus Flossenstrahlträgern mit paarigen Dornhälften.	Untere Bogen des Endfadens.

Erklärung der Abbildungen.

Taf. X.

- Fig. 1. *Salmo fario*. Vergrößerung 3.
 Fig. 2. *Salmo salar*. Grösse natürlich.
 Fig. 3. *Thymallus vexillifer*. Vergrößerung 4.
 Fig. 4. Chordaende vom Lachs. Vergrößerung circa 20.
 Fig. 5. Chordaende von der Esche. Vergrößerung circa 20.
 Fig. 6. *Barbus fluviatilis*. Vergrößerung 2.
 Fig. 7—9. Querschnitte ihres Schwanzfadens. Vergrößerung circa 30.
 Fig. 10. *Cottus gobio*. Vergrößerung 8.

Taf. XI.

- Fig. 11. *Gasterosteus aculeatus*. Vergrößerung 25.
 Fig. 12. Längsschnitt durch den letzten Wirbelkörper. Vergrößerung 75.
 Fig. 13. *Perca fluviatilis*. Vergrößerung 3.
 Fig. 14. Letzter Wirbelkörper von unten
 Fig. 15. „ „ von oben
 Fig. 16. „ „ von der Seite } Vergrößerung 4.
 Fig. 17. Längsschnitt des letzten Wirbelkörpers von *Perca*.
 Fig. 18. Querschnitt desselben. } Vergrößerung 25.
 Fig. 19—31. Entwicklungsgeschichte von *Salmo salar*.
 Fig. 19. Erster Tag.
 Fig. 20. Sechster bis siebenter Tag.

Taf. XII. } Vergrößerung circa 30.

- Fig. 21. Zehnter bis elfter Tag.
 Fig. 22. circa 24. Tag.
 Fig. 23. Grosses Deckstück mit beginnender Verknöcherung } Vergrößerung
 Fig. 24. Dasselbe mit weiter fortgeschrittener Verknöcherung } circa 200.
 Fig. 25. Acht- bis sechstletzter Wirbelkörper mit ihren untern Bogen. Vergrößerung 100.
 Fig. 26. Deckstücke und »falsche Dornen.« Vergrößerung circa 60.

Taf. XIII.

- Fig. 27. Chordalängsschnitt bei beginnender Wirbelkörperbildung. Vergrößerung circa 60.
 Fig. 28. Chordaquerschnitt (viel jüngeres Stadium). Vergrößerung 120.
 Fig. 29. Frisch gebildeter Flossenstrahl. } Vergrößerung 300.
 Fig. 30. Knöcherner Flossenstrahl. }
 Fig. 31. *Salmo salar*, im Alter von $\frac{1}{2}$ Jahr, Vergrößerung 30.

Fig. 1.

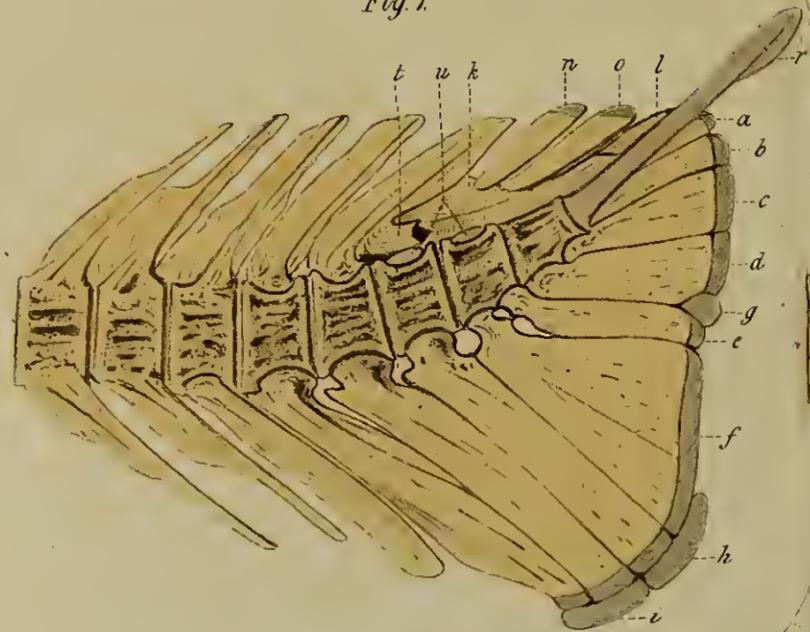


Fig. 3.

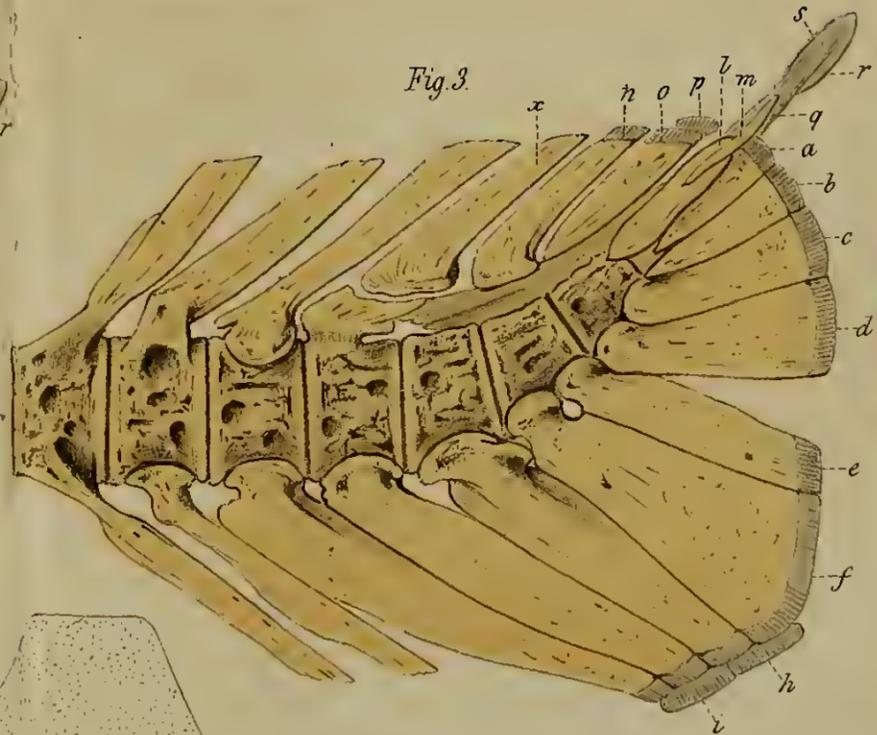


Fig. 10.

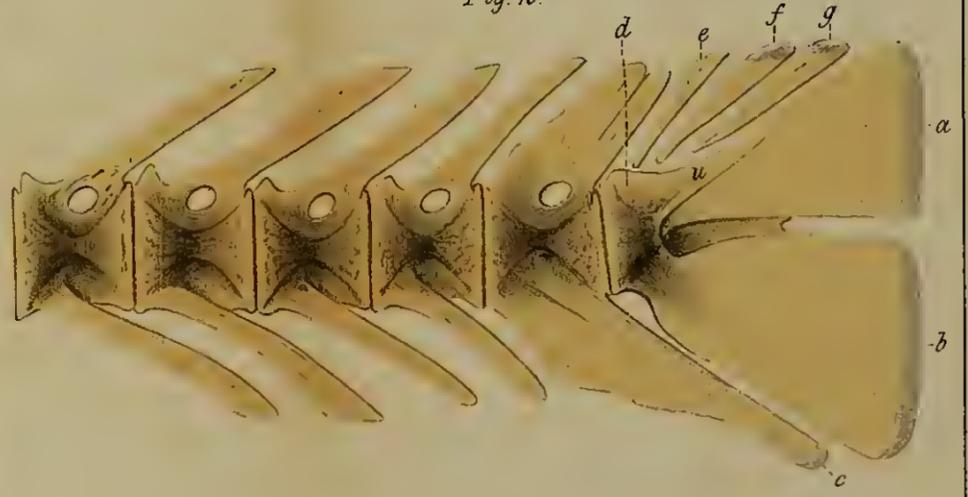


Fig. 8.

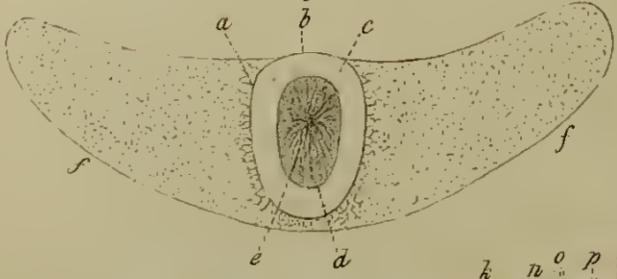


Fig. 9.



Fig. 4.

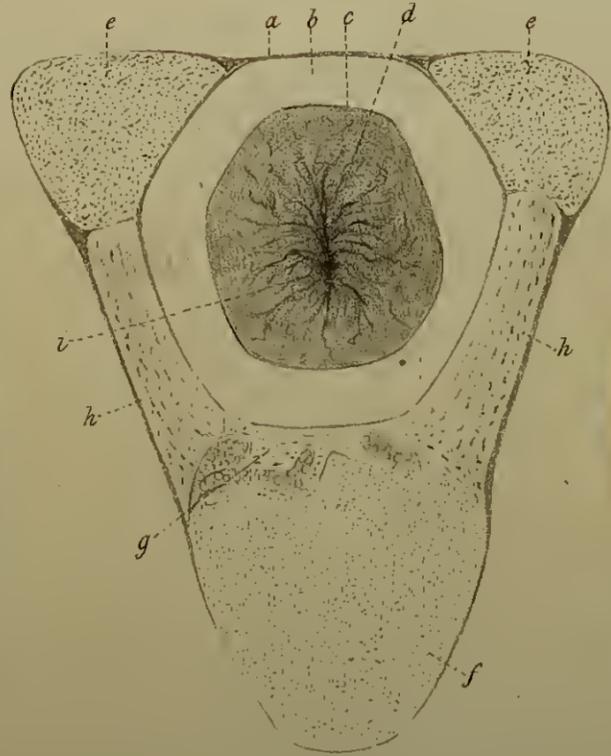


Fig. 5.

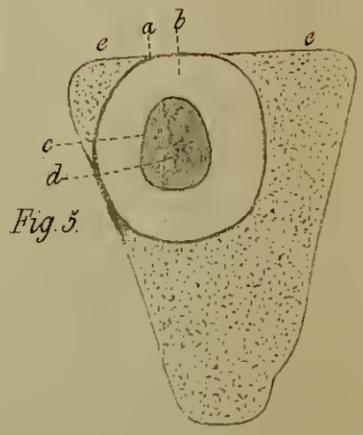


Fig. 7.

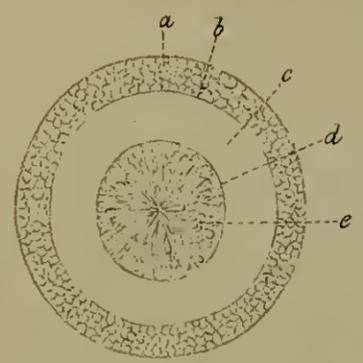
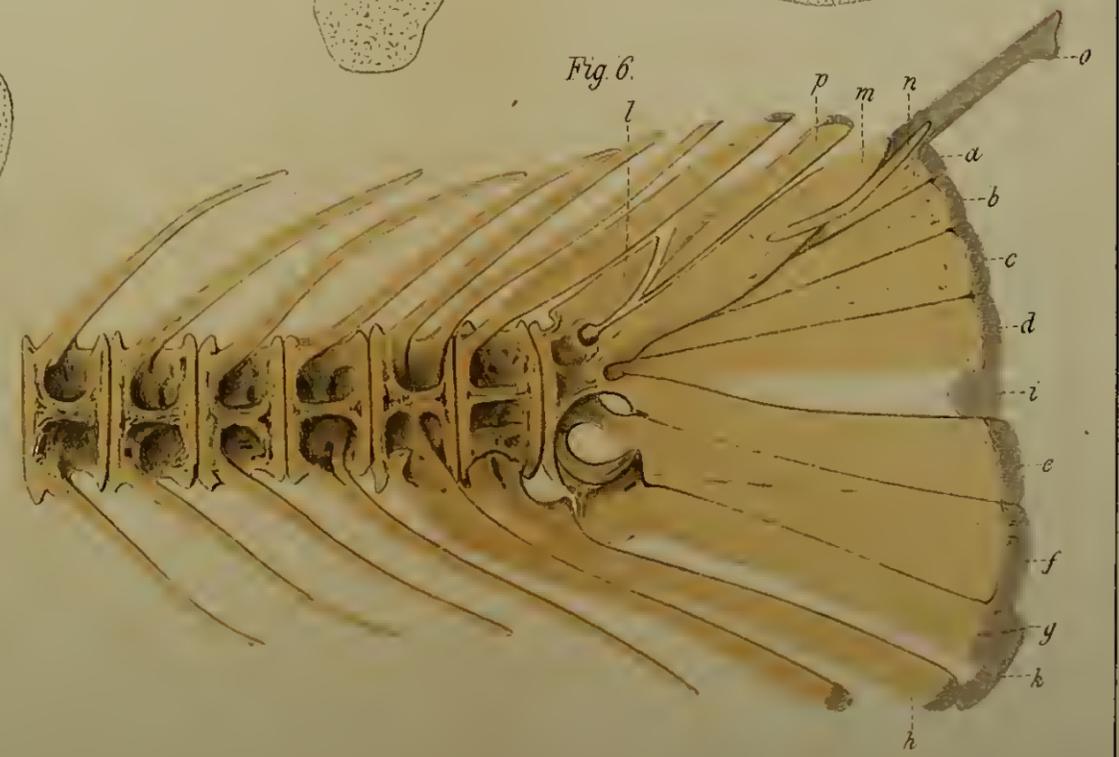


Fig. 2.

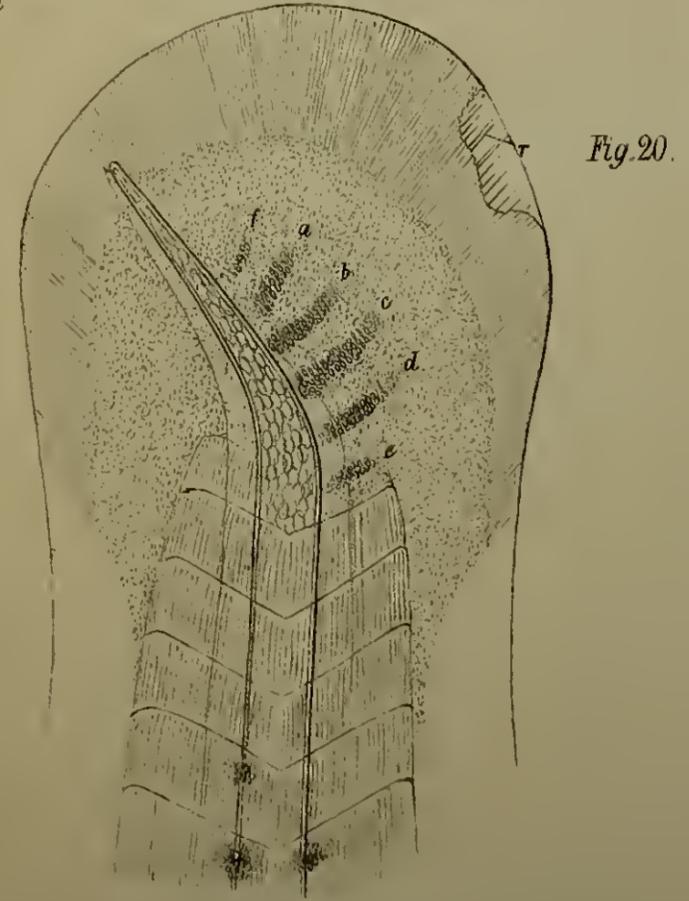
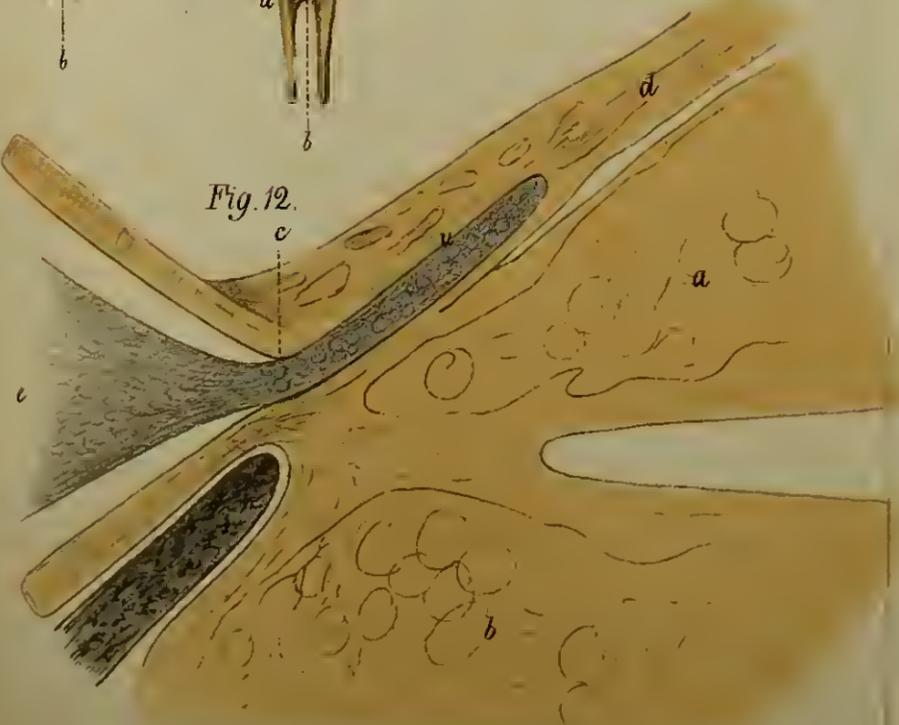
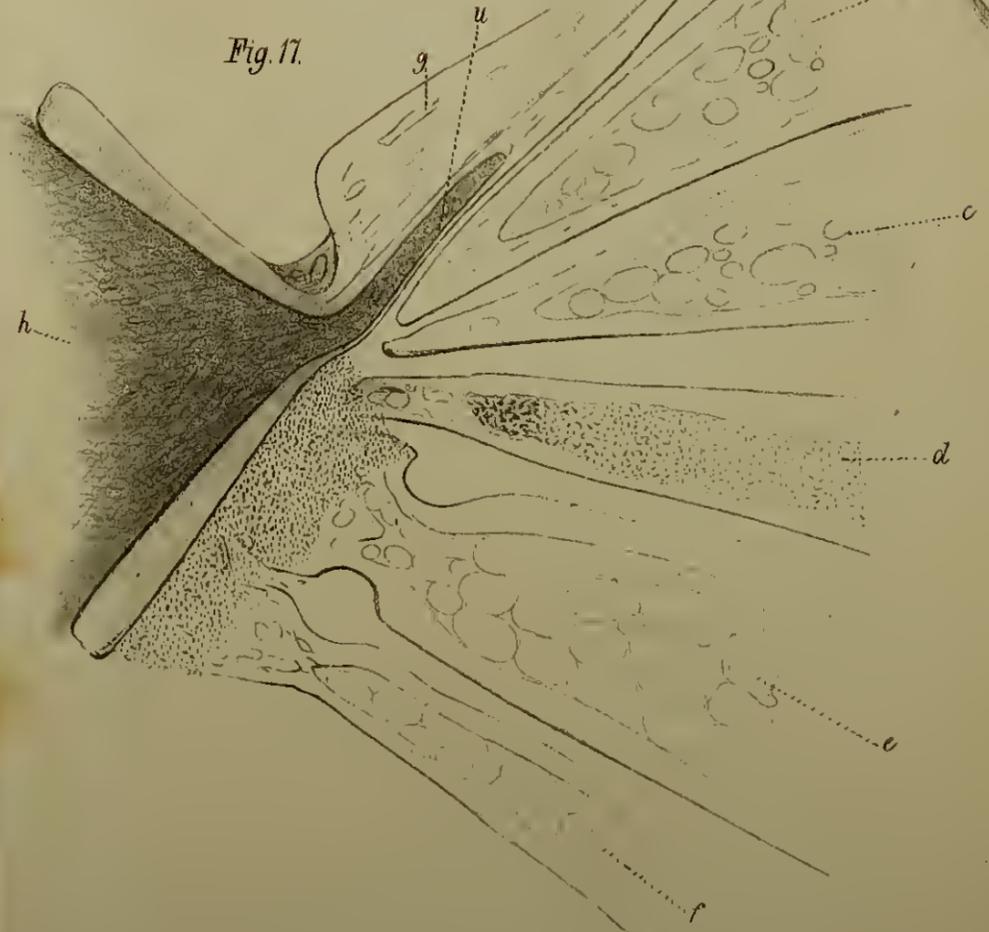
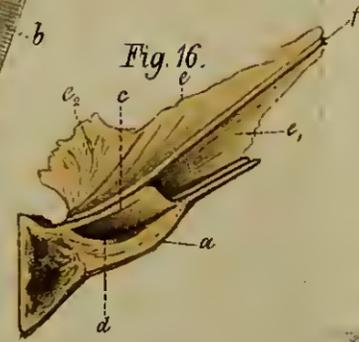
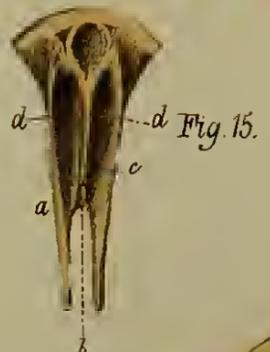
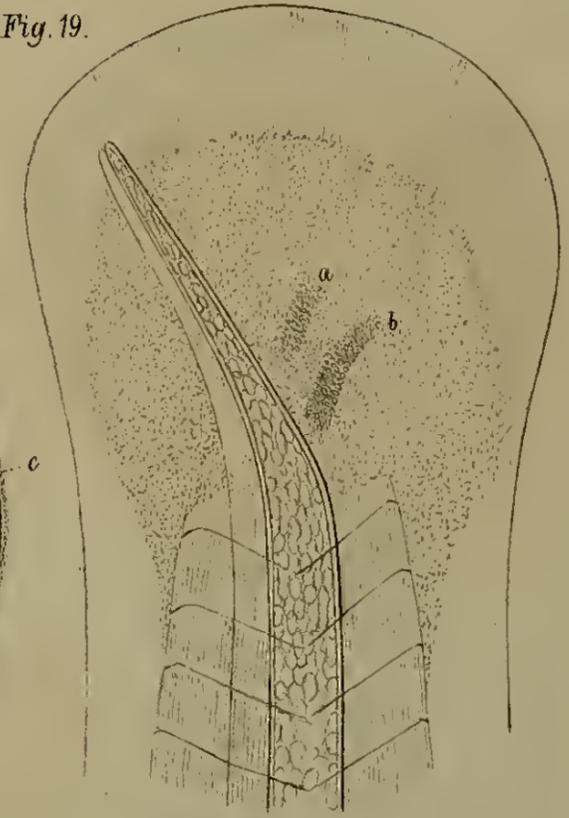
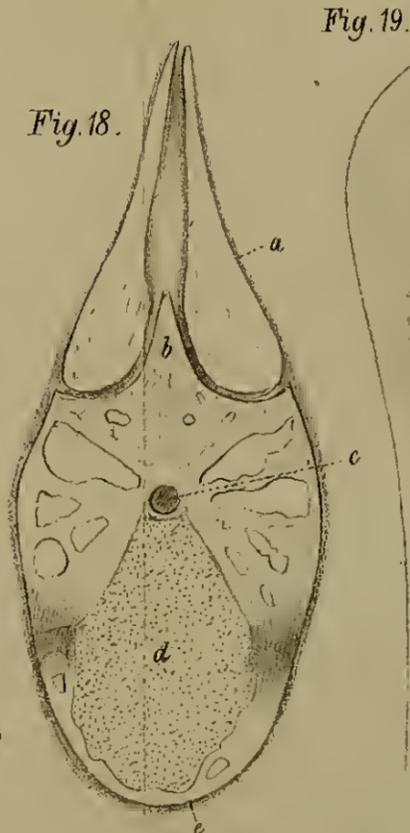
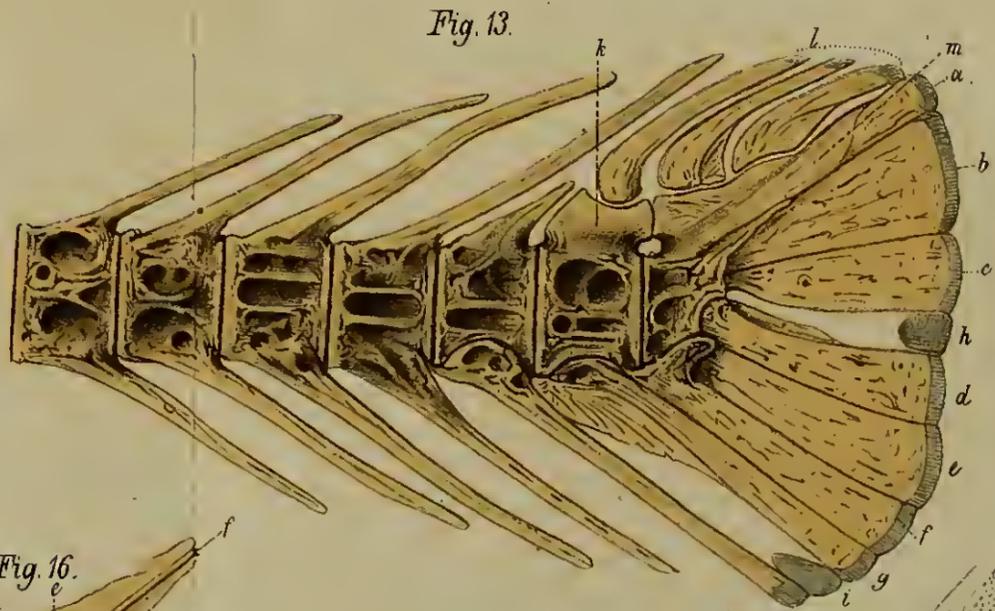
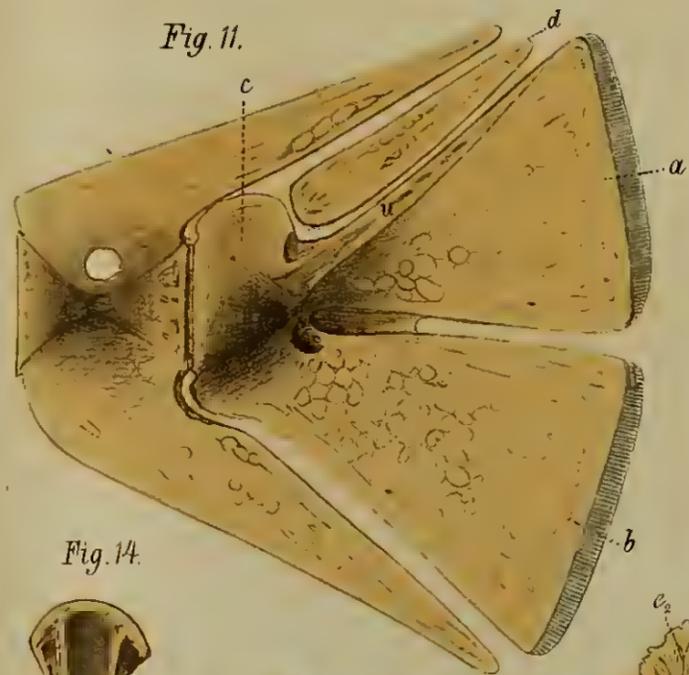


Fig. 6.



zeigt
so en
genei
für e
ganz
der C
bewe
herei

Mens
unmä
im ge
mir v
der I
Indog
intell
begre
und g
Zusat
hollä
kann
doch
stellu
Und
sche
wirl
war
und
kann
der C
mit I
das i
sich
haben



186

zeigt
so er
gene
für e
ganz
der C
bewe
here

Mens
unm
im g
mir v
der
Indo
intel
begr
und
Zusa
hollä
kann
doch
stell
Und
sch
wir
war
und
kan
der C
mit
das
sich
habe

Fig. 21.

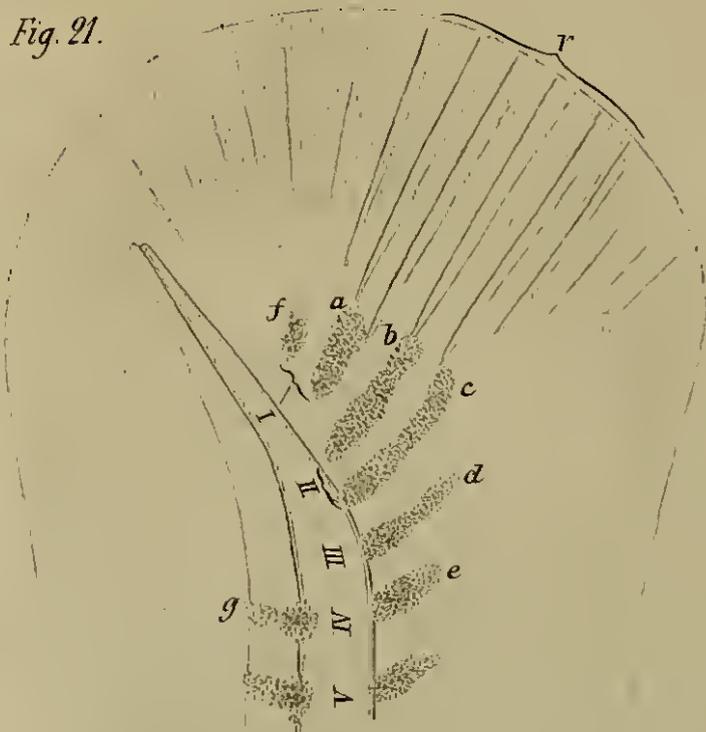


Fig. 22.

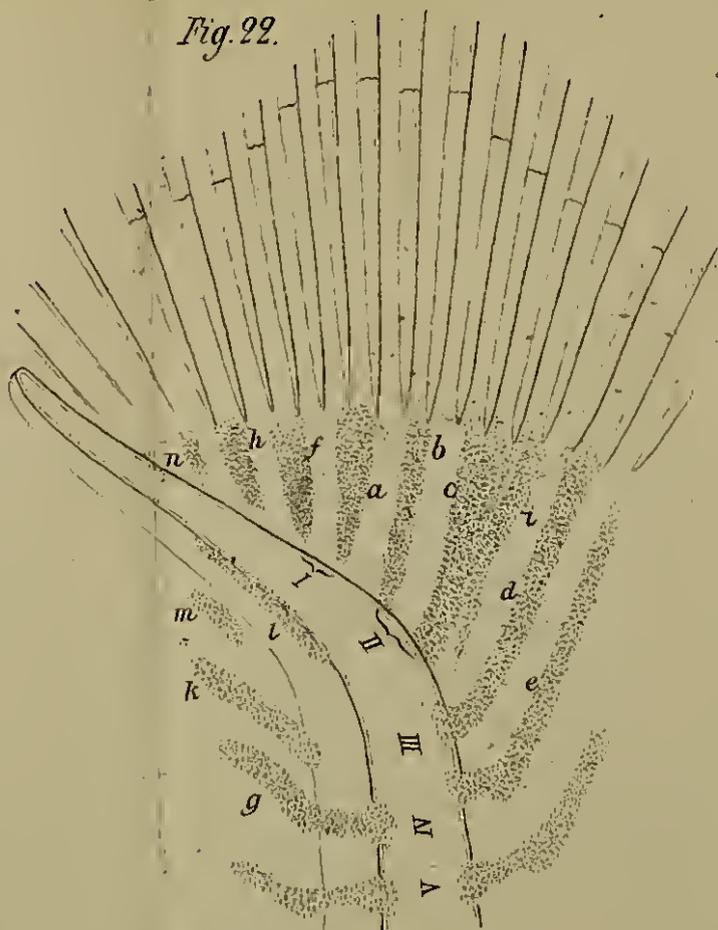


Fig. 23.

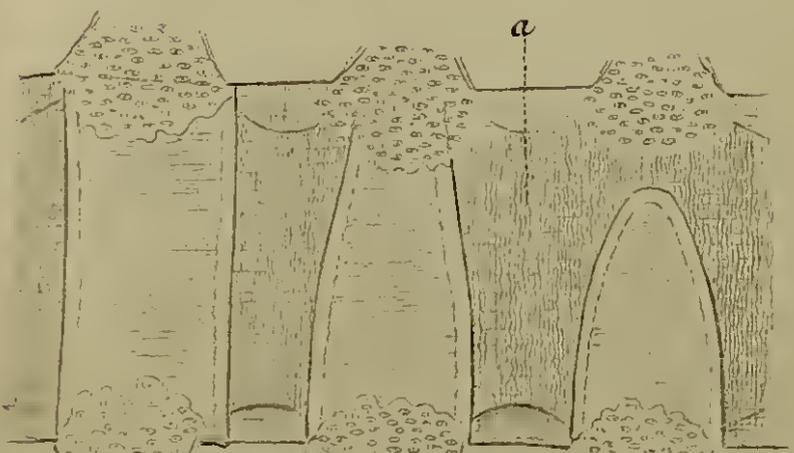
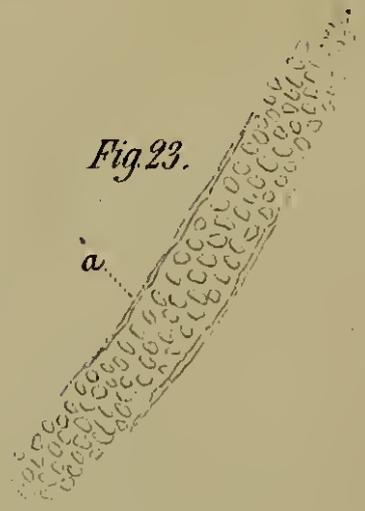


Fig. 24.

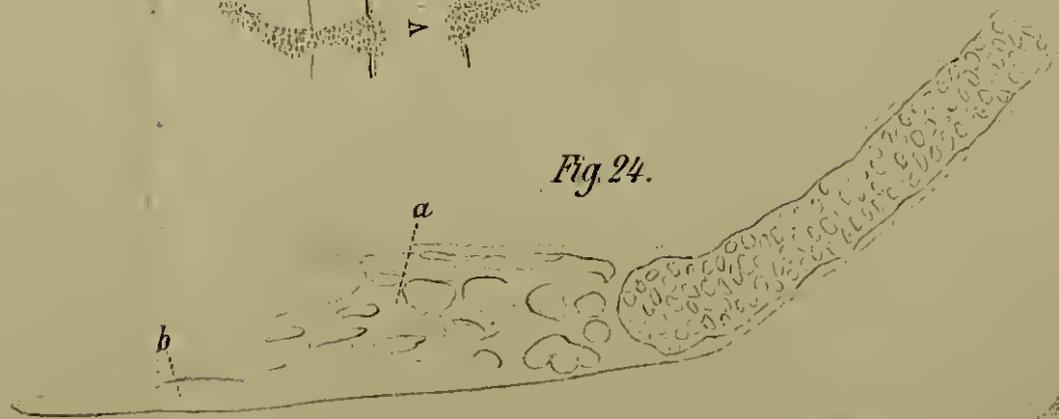


Fig. 25.

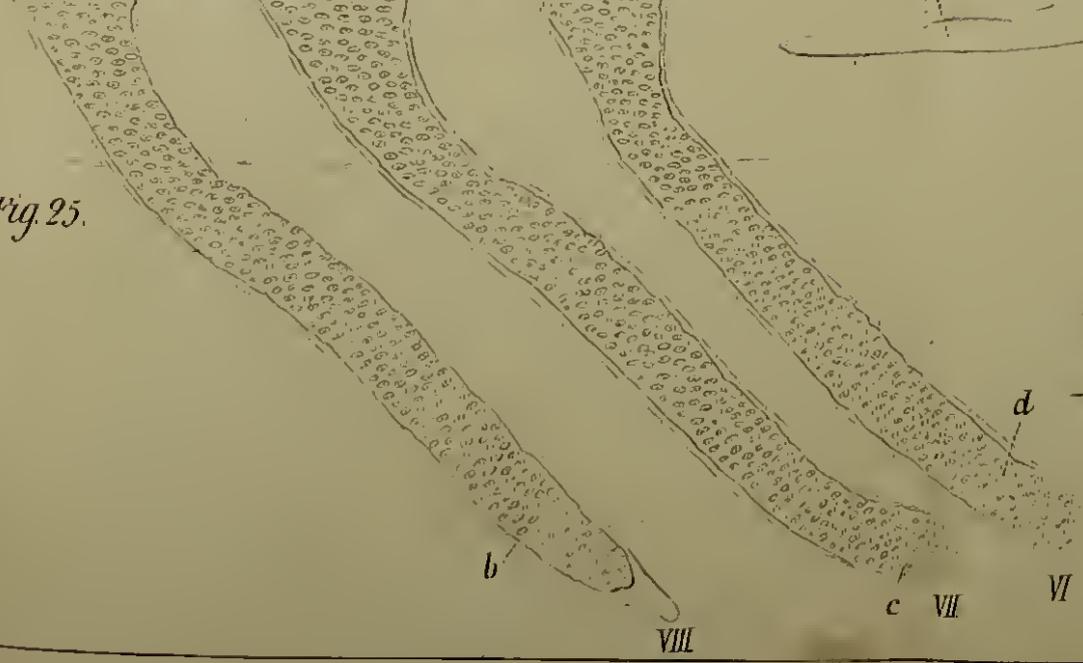
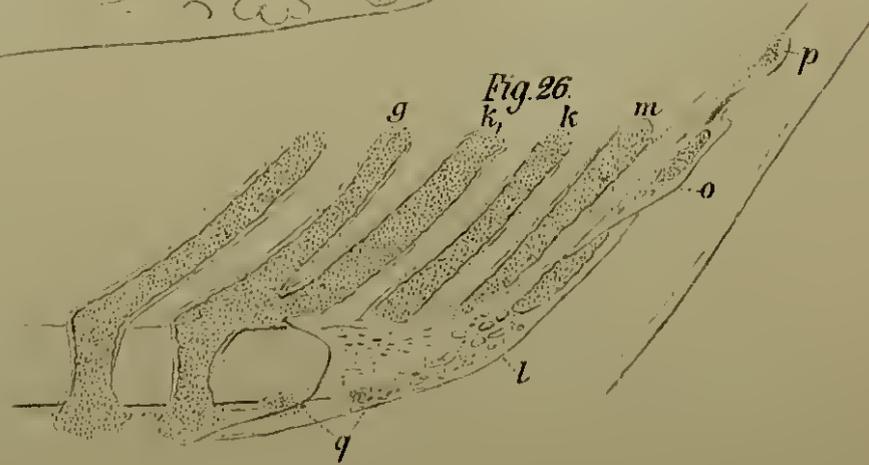


Fig. 26.



zeigt
so er
gene
für e
ganz
der C
bew
here

Mens
unm
im g
mir
der
Indo
intel
begr
und
Zusa
hollä
kann
doch
stell
Und
sch
wir
wa
und
kan
der
mit
das
sich
habe

Fig. 29.



Fig. 27.

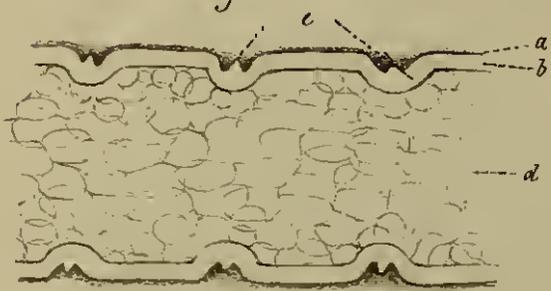


Fig. 31.

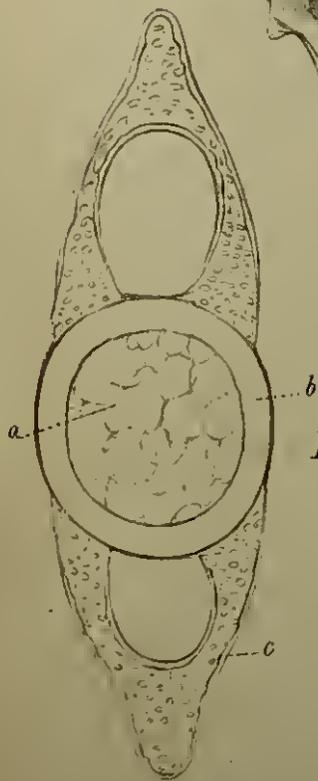
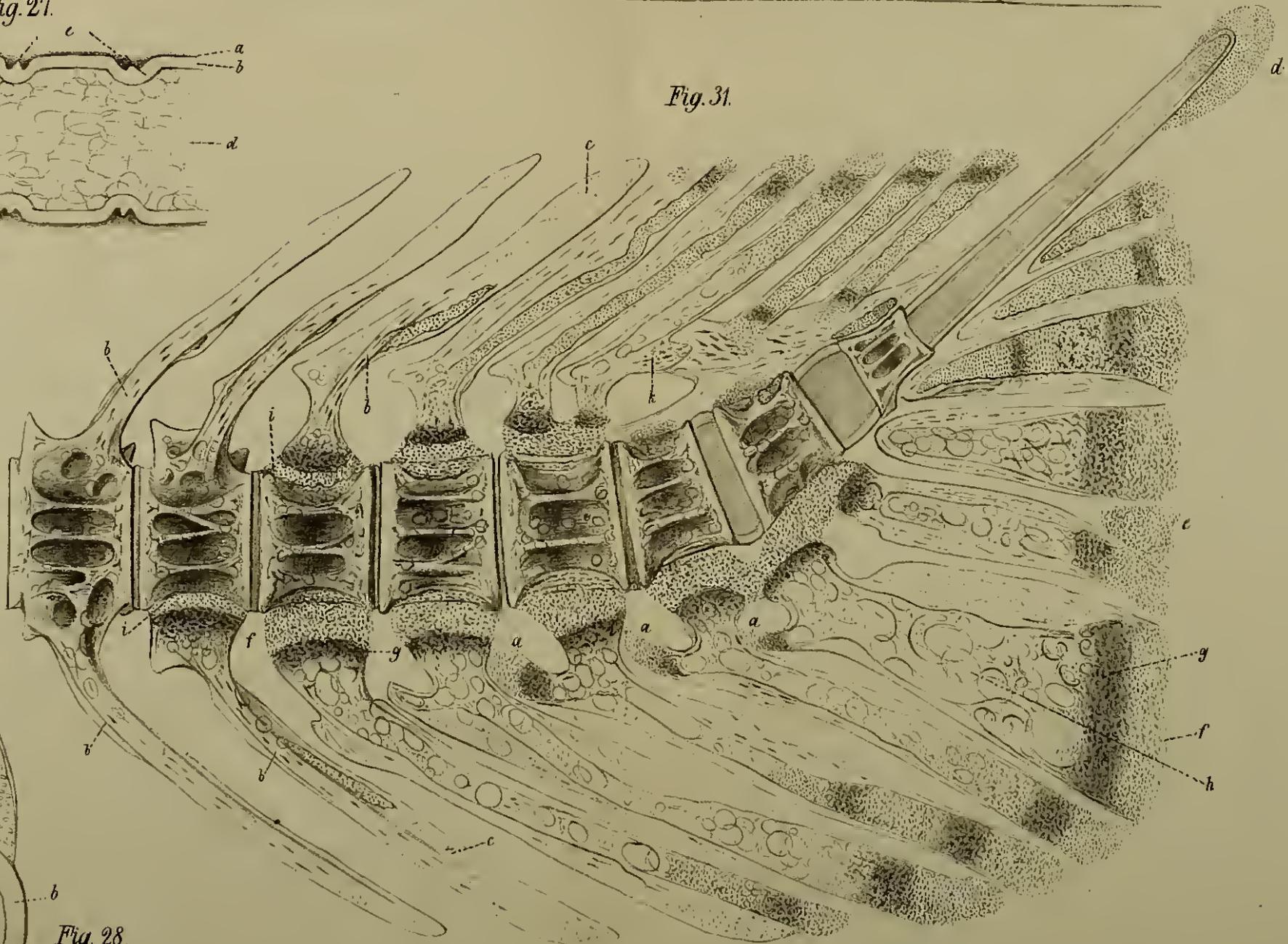
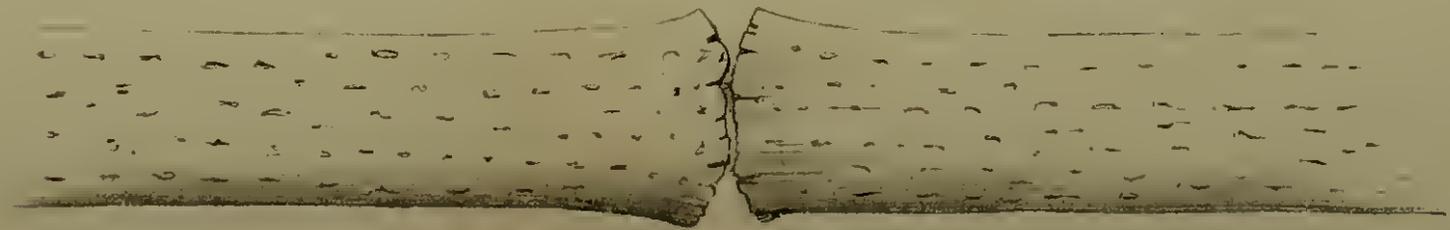


Fig. 28.

Fig. 30.



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie](#)

Jahr/Year: 1864

Band/Volume: [14](#)

Autor(en)/Author(s): Lotz Theophil

Artikel/Article: [Ueber den Bau der Schwanzwirbelsäule der Salmoniden, Cyprinoiden, Percoiden und Cataphracten. 81-106](#)