lung kommen noch solche vor, die eine Zwischenstufe beider darstellen. Es finden sich nicht selten an den Falten des Mesenterium Schwellungen, welche bei sonst trübem Inhalt grössere und kleinere Vacuolen enthalten. Eine Art der Entstehung dieser Zwischenstufen haben wir bereits in dem Trübwerden der homogenen Schwellungen kennen gelernt. Ob nun auch in den von vornherein trüben Schwellungen Vacuolen in ausgedehnterem Maasse entstehen, und ob gar dadurch eine trübe Schwellung sich ganz in eine homogene verwandeln kann, habe ich nicht beobachtet.

Aus allen den Beobachtungen nun, welche oben beschrieben worden sind, glaube ich den Schluss folgern zu dürfen, dass für die an der Oberfläche des blossgelegten Froschmesenterium sich ansammelnden sogenannten Eiterkörperchen eine sichere Quelle in den Zellen des serösen Epithels gegeben ist.

Beiträge zur vergleichenden Morphologie des Skeletsystems der Wirbelthiere.

Von

Dr. A. Goette,

Professor in Strassburg.

II. Die Wirbelsäule und ihre Anhänge.

(Fortsetzung von S. 541 des XV. Bandes.)

5. Die Teleostier.

(Hierzu Taf. VII. VIII. IX.)

Ueber die Zusammensetzung der Wirbelkörper der Teleostier sind bisher sehr verschiedene Ansichten vorgebracht worden. Joh. Müller, der unter den älteren Anatomen die umfassendste Untersuchung und Darstellung über diesen Gegenstand lieferte, verband gewissermassen die Angaben Rathke's und v. Baer's, von denen

Ersterer den Wirbelkörper nur aus der fibrösen Chordascheide (N. 20 S. 21. 22. 41), der Andere aus den die Wirbelsaite umwachsenden Basen der oberen und unteren Wirbelbögen hervorgehen liess (N. 2 S. 19, 23, 36). Joh. Müller unterschied nämlich am Telostierwirbel einen centralen Theil, die Wirbelsaite mit ihrer fibrösen, verknöchernden Scheide, und eine kortikale Anlage, eben die vier Wirbelemente v. Baer's, aus welchen zugleich die oberen und die rippentragenden unteren Bögen (untere Querfortsätze) hervorwüchsen. Diese zweierlei Bestandtheile des Teleostierwirbels bleiben bei Xiphias sogar zeitlebens durch eine Spalte geschieden (N. 17, III, S. 69. 70. 72. 73). — Vogt beschreibt als Anlage des Wirbelkörpers eine faserige Chordascheide, an deren Innenseite vertebral ein knöcherner Ring entstände, während sie selbst, nachdem aussen eine Knorpelschicht entstanden, mit dieser zu einer Knorpelmasse verschmilzt. Die Intervertebralligamente seien die Reste der ursprünglichen Chordascheide (N. 23 S. 106—109). — Aug. Müller lässt den primitiven, von den Wirbelbögen gesonderten Wirbelkörperring ebenfalls „durch Ossifikation der eigenen Haut der Wirbelsaite“ entstehen und, durch äussere Knochenauflagerung wachsen; beim Hecht würden dabei die knorpeligen Wirbelbogenbasen, welche dem primitiven Wirbelkörperring aufsasssen, in jenen wachsenden Knochen eingeschlossen, bei den Cyprinen hingen die Wirbelkörper und die ganz knöchernen Bögen kontinuierlich zusammen (N. 18 S. 260—266).

War bis dahin nur von einer nicht näher bezeichneten Chordascheide die Rede, so unterschied Kölliker nunmehr drei gesonderte Schichten derselben, die dünne *Elastica externa* und *interna* und zwischen ihnen die zellenlose Faserschicht der Scheide, welche letztere durch Verkalkung den ersten Knochenring um die chordalen Gallertkörper bilden sollte. Dieser von unten aufwachsende primitive Knochenring des Wirbelkörpers, welcher sowohl Zellen wie überhaupt jede Struktur entbehre, breite sich entweder nicht weiter aus, sodass die ihm aussen aufgelagerten verknöchernden Bindegewebsschichten weit über ihn hinausreichen und er in der Mitte des fertigen Wirbels zurückbleibt (Aal); oder er wächst bis an die Grenze des Wirbelkörpers aus und wird doppelkegelförmig. Die unverknöcherten intervertebralen Ringe derselben chordalen Faserschicht, welche also die primitiven Knochenkegel verbinden und deren Wachsthum unterhalten, verdicken sich einwärts gegen

die Chorda zu vorspringenden Wülsten; die *Elastica externa* bleibt namentlich auf der Aussenseite dieser Wülste kenntlich. Während sich so der definitive knöcherne Wirbelkörper bildet, wird der chordale Gallertkörper vertebral zusammengeschnürt, intervertebral und innerhalb der Wirbelfacetten erweitert und zum Theil aufgelöst, sodass nur vertebrale Längsstränge und intervertebrale quere Scheidewände von ihm übrig bleiben (N. 13 S. 21, N. 14 S. 76—82). — Gegenbaur beschreibt an der Chorda der Teleostier eine von radiären Poren durchsetzte, von einer äusseren elastischen Lamelle bedeckte Kutikularscheide, welche nicht verknöchert und der die Bogenbasen unmittelbar aufsitzen, während der primitive knöcherne Doppelkegel zwischen den letzteren aus Bindegewebe hervorgeht (N. 6 S. 59, N. 7 S. 377. 393). Wilh. Müller kennt nur eine einfache Chordascheide (N. 19 S. 349). Lotz leitet ebenso wie Gegenbaur, den primitiven Wirbelkörper von dem perichordalen Bindegewebe ab (N. 15 S. 97); Cartier dagegen verlegt ihn in die *Elastica externa* Kölliker's (N. 3 S. 70—72). Ausserdem geben Lotz und Cartier übereinstimmend an, dass die Chorda im Beginn der Wirbelkörperbildung nicht vertebral, sondern intervertebral eingeschnürt sei, was sich erst allmählich ins Gegentheil verwandle (a. a. O.).

Ehe ich meine eigenen Untersuchungen über die Wirbelkörperbildung der Teleostier mittheile, sei hier noch einmal auf die Entwicklung der Wirbelsaite dieser Thiere hingewiesen. Ich habe den bezüglichen Vorgang zuerst im Anschluss an die gleichartige Chordabildung der Amphibien und darauf wiederholt in der Bildungsgeschichte der Ganoiden- und Plagiostomenwirbel beschrieben (N. 10 S. 415, N. 11 S. 443, 462), sodass ich mich hier darauf beschränken kann, die beigelegte Abbildung (Fig. 12) kurz zu erläutern. In den geldrollenähnlich zusammengeschobenen Bildungszellen der Chorda wird durch die Vakuolenbildung das Protoplasma bis auf die peripherischen Schichten aufgelöst, welche im Innern des Organs, wo sie sich berühren, zu den einfachen Scheidewänden, an der Peripherie der ganzen Wirbelsaite aber zu der protoplasmatischen Rindenschicht verschmelzen; die Kerne der Bildungszellen, welche durch die Vakuolen in die peripherischen Protoplasmareste verschoben werden, befinden sich später zum kleineren Theil in den Scheidewänden, vorherrschend aber in der Rindenschicht. Die letztere besteht also, auch abgesehen von der Ver-

schmelzung ihrer Theile, zunächst nicht aus ganzen Zellen, sondern nur aus den die Oberfläche der embryonalen Wirbelsaite zusammensetzenden Aussentheilen der Bildungszellen, welche nur in der Mehrzahl, nicht durchweg, die zugehörigen Kerne einschliessen und kontinuierlich in die Scheidewände des Gallertkörpers sich fortsetzen. Wirkliche Zellen können daher in der Rinde der embryonalen Wirbelsaite erst sekundär, durch Sonderung des Protoplasmas um die einzelnen Kerne entstehen. Doch habe ich solche zu keiner Zeit unzweifelhaft erkennen können und die regelmässige „Epithellage der Chorda“, welche Gegenbaur in derselben Mächtigkeit wie die Chordascheide zeichnet (N. 7 Fig. 16), durchweg vermisst. Es widerspricht dies durchaus nicht meinen Beobachtungen an der Wirbelsaite der übrigen Fische; denn wenn sich dort die Zellenbildung der protoplasmatischen Rindenschicht im geraden Verhältniss zur Entwicklung der Kutikularscheide und zum aktiven lebenskräftigen Wachsthum des Gallertkörpers zeigt, indem sie offenbar Beides unterhält, so ist eine solche Zellenbildung in irgend bedeutenderem Grade bei den Teleostiern nicht zu erwarten. Die Kutikularscheide ihrer Wirbelsaite steht in ihrer Mächtigkeit ohngefähr derjenigen der Plagiostomen gleich; viel früher dagegen als bei allen anderen Fischen hört das Wachsthum ihres Gallertkörpers auf und beginnt die Atrophie desselben. Cartier behauptet freilich, dass das intervertebrale Wachsthum der Teleostierchorda die Doppelkegelform des perichordalen Knochenrings hervorruft; ich habe aber an jungen Hechten, wo diese Doppelkegelform eben angedeutet war, bereits eine sehr deutliche Atrophie der ganzen Chorda gesehen (Fig. 3), indem ihr Gallertkörper bis auf die intervertebralen Abschnitte sich von der Kutikularscheide abgelöst hatte und bedeutend zusammengeschrumpft war, sodass jener intervertebrale Zusammenhang mit der Scheide nicht auf ein Wachsthum bezogen werden kann. Und dass jene Schrumpfung eine natürliche ist, erkennt man leicht beim Vergleich mit den ausgebildeten Wirbeln (Fig. 7), indem die intervertebralen Scheidewände und vertebralen Stränge des Gallertkörpers nur etwas weiter fortgeschrittene Zustände jener ersten Schrumpfung darstellen¹⁾.

1) Es folgt aus dem Gesagten, dass die Lücken in dem von dem Gallertkörper ursprünglich eingenommenen Raume nicht durch eine lokale Auflösung desselben entstehen, wie es Kölliker annahm (N. 13 S. 18).

Solche atrophirende Gallertkörper können aber offenbar weder die Form des wachsenden perichordalen Knochenrings beeinflussen, noch die Intervertebralligamente stützen. Und mit dieser frühzeitigen Atrophie des Gallertkörpers geht eben der erwähnte Stillstand in der Entwicklung seiner Rindenschicht Hand in Hand.

Hinsichtlich des Gewebes der Chordascheide der Teleostier und ihrer Beteiligung an der Bildung der Wirbelkörper gehen die Angaben der Beobachter völlig auseinander. Ich will hier zunächst von denjenigen absehen, welche entweder aus Mangel an einer näheren Beschreibung die Bildung und Bedeutung der Chordascheide gar nicht erkennen lassen (Joh. und Aug. Müller) oder wie die Beschreibung Vogt's, auf einer ganz offenbaren Verwechselung der Scheide mit dem perichordalen Gewebe beruhen. Die übrigen Beobachter stimmen nur darin überein, dass die gesamte Chordascheide der Teleostier eine nicht zellige, kutikuläre Bildung sei und eine zweite zellige (äussere) Chordascheide wie diejenige der Plagiostomen den Knochenfischen fehle. Dies kann ich aber nicht bestätigen. Allerdings besteht auch bei den letzteren eine kutikuläre Chordascheide, welche Gegenbaur, Lotz und W. Müller als einzige besondere Umhüllung der Chorda fanden und welche Kolliker als die faserige Hauptschicht seiner Chordascheide beschreibt. Es lässt sich leicht verfolgen, wie sie aus einer dünnen durchsichtigen Cuticula der embryonalen Chorda allmählich bis zu ihrer späteren Mächtigkeit anwächst und namentlich intervertebral, wo sie zu den nach innen wulstig vorragenden Ringen (Ligamentum intervertebrale internum Kolliker) anschwillt, eine deutliche radiäre Streifung erhält (Fig. 1. 2. 3. 7. 12). Die *Elastica interna*, welche sie später innen begrenzen soll (Kolliker N. 14 S. 97), habe ich niemals gesehen; aussen wird aber die kutikuläre Chordascheide allerdings von einer dünnen Haut überzogen, welche jedoch, wie ich bei ganz jungen Lachsen und Forellen sowie Hechten sah, nicht eine homogene *Elastica*, sondern aus Zellen zusammengesetzt und folglich eine echte äussere Chordascheide in dem Sinne wie bei den Plagiostomen ist (Fig. 13). Ihre Zellen wurden bisher wohl deshalb übersehen, weil sie ausserordentlich abgeplattet und zart, auf Querdurchschnitten nicht zur Anschauung kommen; erst wenn man die betreffende dünne Haut in grösseren Stücken isolirt und gefärbt hat, erkennt man ihren zelligen Bau, indem darin wenigstens die in

Folge der Abplattung breiten Kerne sich scharf abheben, während die Grenzen der Zellenleiber gegen die gefaserte Grundsubstanz meist verschwimmen.

Die volle Sicherheit dafür, dass diese Elemente wirklich in der dünnen Haut liegen, welche man an Querdurchschnitten nach aussen von der Kutikularscheide unschwer erkennt (Fig. 1. 2. 4), gewinnt man aber erst im Beginn der Verknöcherung, welche den primitiven vertebralen Knochenring herstellt. Dieser entsteht zuerst im Bereiche der unteren Bogenbasen und wächst darauf von beiden Seiten her oben zusammen. Ferner lehren Querdurchschnitte, dass er unzweifelhaft nicht in der Kutikularscheide (Kölliker), sondern unmittelbar auf derselben und zwar in jener dünnen Membran angelegt wird. Dies hat also Cartier richtig gesehen, und nur in der Deutung dieser Membran als einer homogenen *Elastica* geirrt. Denn es lässt sich an Flächenansichten nachweisen, dass die ersten zackigen Knochensplitter genau in den Zwischenräumen der beschriebenen Zellen und daher den Umrissen derselben sich anpassend auftreten (Fig. 13), um allmählich zu grösseren Massen zu verschmelzen. Es ist dieser Vorgang insofern von besonderem Interesse, als die direkte Verknöcherung in dieser Weise gewöhnlich nicht erfolgt, sondern nur die Knorpelverkalkung, sodass die äussere Chordascheide der Teleostier, welche schon durch ihre relativ feste, nach aussen scharf gesonderte Grundsubstanz mehr an Knorpel als an Bindegewebe erinnert, durch ihre Verknöcherung sich dem Knorpel noch mehr nähert. Nimmt man noch dazu, dass die Textur derselben Scheide durchaus derjenigen entspricht, welche die gleiche Scheide der Plagiostomen und Amphibien vor ihrer vollständigen Verknorpelung kennzeichnet (vgl. 11 S. 471. 472), so dürfen wir annehmen, dass die erstere ebenso wie etwa die vertebrale Mittelzone der Dornhaie durch die früh eintretende Verkalkung an der vollständigen Umwandlung in Knorpel verhindert wird. Auf diese Weise verstehen wir, wie aus einer ursprünglich knorpelig angelegten Chordascheide in der phyletischen Entwicklung eine direkt verknöchernde hervorgeht, und wie die Homologie solcher Skelettheile durch die wechselnde Textur nicht beeinträchtigt wird. Auch wiederholen in dieser Beziehung Anuren und Urodelen dieselbe Differenz, welche Plagiostomen und Teleostier uns darbieten (vgl. N. 10 S. 395—397. 412).

Die aus der äusseren Chordascheide entstandenen vertebralen

Knochenringe verbreitern sich sehr rasch bis zu den intervertebralen Abschnitten, wo ihre Ränder in einen ligamentösen Ring übergehen (Fig. 3. 7), welcher bei den Teleostiern wie es scheint immer dünn bleibt, aber nichtsdestoweniger den dicken und zum Theil knorpeligen Intervertebralringen der Plagiostomen und Ganoïden homolog ist (vergl. No. 11 S. 479. 490). Bei der genannten Ausbreitung des Knochenrings erscheinen seine Ränder verdickt und ausgebogen, sodass dadurch bereits die spätere Gestalt des inneren knöchernen Doppelkegels vorgebildet ist, dessen Wand von der engen und dünneren Mitte sich gegen die Enden trichterförmig erweitert und in gleichem Masse verdickt. Köl liker hält diesen Doppelkegel für eine Bildung des Bindegewebes, weil er die erste Knochenanlage in die Kutikularscheide verlegt; wenn man aber den Zusammenhang dieser Anlage mit dem Intervertebralringe im Auge behält, so kann ihre Umwandlung in den fertigen Doppelkegel, dessen Ränder ebenfalls in jene Ligamente übergehen, nicht zweifelhaft sein. Auch stehe ich nicht an, alles das, was ich über die Entstehung und das Wachsthum des Doppelkegels bei den Plagiostomen angegeben (No. 11 S. 484—488), auch für die Teleostier anzunehmen. Die von Lotz und Cartier bemerkten intervertebralen Verengerungen der Wirbelsaite vor der Anlage des Doppelkegels habe ich so unbedeutend und vergänglich gefunden (Fig. 15), dass ich sie für ganz untergeordnete Erscheinungen halten muss. Hingegen ist die Abplattung der äusseren Chordascheide durch die ihr aufsitzenden Wirbelbogenbasen so deutlich (Fig. 1. 2), dass die früher gegebene Erklärung der Doppelkegelform — als Folge der durch die Wirbelbogenbasen bedingten vertebra len Beschränkung des Wachsthums der Chorda und ihrer Scheiden — auch für die Teleostier zulässig erscheint.

Die bisher besprochenen Wirbelkörperanlagen der Teleostier entsprechen im wesentlichen denjenigen, welche ich bei den Plagiostomen als die primären Wirbelkörper unterschied (No. 11 S. 483). Der sekundäre Wirbelkörper der Knochenfische wird aber nicht so wie bei den Haien und Rochen dadurch hergestellt, dass die anliegenden Bogenbasen den primären Wirbelkörper umwachsen; die letzteren breiten sich über den ursprünglichen Bereich nicht weiter aus, wogegen das Bindegewebe, welches den Raum zwischen denselben und in der äusseren Konkavität des Doppelkegels ausfüllt, durch verschiedene Gewebsveränderungen

sich dem primären Wirbelkörper anschliesst und dabei auch die Bogenbasen in den dadurch entstehenden sekundären Wirbelkörper einschliesst (Fig. 4. 8. 11. 25)¹⁾. Es besteht also der letztere 1. aus dem primären Wirbelkörper, 2. den Bogenbasen, 3. dem dazwischenliegenden Bindegewebe. Von den Bogenbasen ist es bekannt, dass sie entweder im knorpeligen Zustande sich innerhalb des Wirbelkörpers ganz oder theilweise erhalten, oder durch frühzeitige Verknöcherung mit dem primären Doppelkegel verschmelzen und dann im fertigen Wirbel schwer zu unterscheiden sind. Von dem Bindegewebe nahm man bisher an, dass es zwischen den Bogenbasen in festen konzentrischen Schichten oder in radiären Lamellen mit zwischenliegenden Fettmassen verknöchere. Es gibt aber noch andere Umbildungen desselben, sodass die Mannigfaltigkeit in der Bildung der Wirbelkörper der Teleostier nicht unerheblich ist, wie sich aus der folgenden Beschreibung ergeben wird.

I. Die einfachste Bildung besteht darin, dass der primäre knöcherne Wirbelkörper durch periostale Knochenablagerungen konzentrisch gleichmässig wächst. Zugleich verknöchern die darin eingeschlossenen Bogenbasen und verschmelzen mit dem knöchernen Doppelkegel zu einer Masse, sodass nur bisweilen unbedeutende Knorpelzellenmassen, sei es bleibend oder wahrscheinlicher bloss vorübergehend die Stellen der ursprünglichen Bogenbasen bezeichnen. Ich fand dies bei jungen *Hemirhamphus* und *Trachinus*, dagegen bei jungen *Leuciscus alburnus* und erwachsenen *Lepidogaster* rein knöcherne und solide Wirbel, wie es von den Cyprinoiden überhaupt schon längst bekannt ist.

II. Alle übrigen von mir untersuchten Teleostier zeigen die sekundäre Knochenbildung am Wirbelkörper in Form von radiären, zum Theil durch konzentrische Lamellen verbundenen Leisten, welche vom primären knöchernen Doppelkegel aus den Raum zwischen den Bogenbasen einerseits und den beiden Kegelflächen anderseits durchziehen. Das Gewebe zwischen diesen Knochenleisten ist aber sehr verschieden, immer jedoch zwischen den äusseren Rändern

1) Am Schwanzende gewisser Teleostier kömmt allerdings eine vollständige Umwachsung des primären Wirbelkörpers durch die knorpeligen Bogenbasen vor (Kölliker); diese Ausnahmen stehen aber im engen Zusammenhang mit den ganz besonderen Verhältnissen der letzten Schwanzflossenwirbeln, welche ich hier nicht weiter berücksichtigt habe.

der Leisten deutlich vom umgebenden Bindegewebe gesondert. — Zuerst nenne ich hier *Esox lucius*, dessen Wirbelkörperbildung allbekannt ist. An c. 7 cm langen Hechtchen sah ich erst ganz niedrige Knochenleisten die Bogenbasen und die Aorta jederseits einfassen (Fig. 4); dazwischen finden sich nur wenige andere Leisten. Die noch sehr flachen Zwischenräume zwischen denselben sind von einer hellen, zarten Bindesubstanz ohne deutlich wahrnehmbare Zellen eingenommen. An grösseren Hechten hat die Zahl der radiären Knochenleisten und ihre Höhe bedeutend zugenommen, sodass die knorpelig bleibenden Bogenbasen völlig zwischen sie eingeschlossen sind und im Querdurchschnitt das bekannte Knorpelkreuz bilden (Fig. 7. 8). Die Aorta liegt ebenfalls, wie es gleich anfangs angedeutet war, in einer Einbuchtung der Knochen- substanz. Während ihres Wachstums werden aber die Knochen- leisten durch quere, konzentrische Lamellen verbunden und ferner hier und dort durchbrochen; da beides unregelmässig erfolgt, so entsteht daraus eine mehr schwammige Knochenmasse, deren ursprüngliche radiär-lamellöse Struktur nur stellenweise deutlich hervortritt. Die Höhlen erscheinen alsdann mit einer Fettmasse erfüllt, welche so sehr dem aus dem zerstörten Knorpel der oberen Bogen hervorgegangenen Mark gleicht, dass sie wohl ebenfalls als Knochenmark bezeichnet werden kann. — *Anguilla vulgaris* soll nach Kölliker (No. 14 S. 81) eine durchaus andere Zusammensetzung des Wirbelkörpers zeigen, indem die dünne primäre Knochenröhre (Verknöcherung der Kutikularscheide) auf die Wirbel- mitte beschränkt bleibt und zwischen ihre weiche Fortsetzung und den äusseren, sekundären Knochen eine echte Bindegewebslage (inneres Wirbelperiost) sich einschiebt. Ich habe aber an ohngefähr spannenlangen Aalen nichts davon, sondern im wesentlichen eine Uebereinstimmung mit dem Wirbelbau von *Esox* gefunden. Allerdings scheint mir die Mitte der Kutikularscheide verkalkt, daher ist aber nicht dieses Stück, sondern nur der nach aussen davon liegende knöcherne Doppelkegel mit demjenigen des Hechts zu vergleichen, wie er denn ebenfalls durch ein scharf gesondertes Intervertebralligament mit den angrenzenden Doppelkegeln zusammenhängt. Die nicht verkalkten vertebralen Randtheile und die mässig verdickten Intervertebralabschnitte der Kutikularscheide sind aber unmittelbar jenen primären Doppelkegeln und den sie verbindenden Ligamenten angeschlossen, sodass es unbegreiflich

wäre, wie bei etwas älteren Aalen von aussen Bindegewebe zwischen jene beiden Schichten hineingelangte und so das innere Wirbelperiost Kollikers bildete. Da Kolliker ferner im Bereich des letzteren die Kutikalarscheide, trotz der bedeutenden Vergrösserung des Bildes, überhaupt nicht gezeichnet hat, so glaube ich bestimmt, dass das angeblich vom äusseren Bindegewebe abstammende „innere Wirbelperiost“ nichts weiter ist als jener dickere vertebrale Randtheil der Kutikalarscheide. Die Wirbelkörper des Aals schliessen sich nun auch im übrigen an diejenigen des Hechtes an. Wenigstens fand ich an meinem jungen Aal noch kegelförmige Knorpelreste der in den Wirbelkörper eingeschlossenen Bogenbasen und in der Wirbelmitte einige unregelmässig vertheilte, nach aussen offene Markräume, sowie seitliche, radiär vorstehende Knochenleisten (Fig. 23), aus denen die „mittleren Querfortsätze“ Joh. Müller's hervorgehen.

III. Eine dritte Gruppe bilden *Cyclopterus lumpus* und *Chironectes* sp., von denen ich allerdings ganz junge, aber scheinbar mit vollständig entwickelten Wirbeln versehene Exemplare untersuchte. Von *Cyclopterus* sagt schon Stannius (N. 22 S. 23), dass seine Wirbelkörper aus dünnen Knochenlamellen mit weicher Masse in den Zwischenräumen gebildet wären. Ich finde an diesem Fisch unter den radiären Leisten vier schräge, welche regelmässig in die freien Bogentheile auslaufen und um so gewisser auf die ursprünglichen Bogenbasen zu beziehen sind, als sie gelegentlich getrennte Knorpelreste einschliessen. Zwischen den Leisten liegt eine Bindesubstanz mit kleinen runden Zellen und einer knorpelartig festen hellen Grundsubstanz. — Bei *Chironectes* (Fig. 25) fehlten die Knorpelreste der Bogenbasen, dagegen waren die Zellen der knorpelartigen Bindesubstanz viel deutlicher. Dass nun diese Substanz in der That einen Uebergang zur Knorpelbildung darstellt, ersehe ich aus der Wirbelbildung der folgenden Gruppe.

IV. Einige ebenfalls junge Exemplare von *Monacanthus penicilligerus* besaßen das vollkommenste Gerüst von zarten radiären und sie verbindenden concentrischen Knochenlamellen, zwischen denen überall ein sehr schöner klarer Hyalinknorpel lag (Fig. 9—11). Die Wirbelbogenbasen waren in dieser Masse meist ganz spurlos aufgegangen; nur ganz vorn hatten sie sich wenigstens oben ganz so deutlich wie bei *Esox* erhalten. Ganz ähnlich ver-

hielten sich einige junge *Diodon*, nur war der Hyalinknorpel weniger klar. — Diese Befunde könnten auf den ersten Blick daran denken lassen, dass wir es dort mit denselben knorpeligen Anlagen der Wirbelkörper wie bei den Plagiostomen, also mit einer knorpeligen äusseren Chordascheide zu thun hätten. Dagegen spricht aber die Thatsache, dass die Wirbelbogenbasen bis zum innersten knöchernen Doppelkegel reichen, also die zwischen ihnen liegenden Knochen- und Knorpelmassen nicht in einer kontinuierlichen röhrigen Schicht angelegt wurden, sondern ebenso wie bei den übrigen Teleostiern sich nachträglich auf den primären Knochenkegel und zwischen die Bogenbasen ablagerten. Andererseits gestattet der Vergleich mit *Chironectes* sehr wohl die Annahme, dass der Hyalinknorpel jener *Plectognathen* sich sekundär zwischen den zuerst entstandenen Knochenleisten aus einer Bindesubstanz entwickelte, die anfangs dem gewöhnlichen fibrillären Bindegewebe näher stand als dem Knorpel.

Die verschiedenen Bildungen des sekundären Wirbelkörpers der Teleostier stimmen also in der Anlage durchaus überein, indem überall die knorpeligen Bogenbasen und das den primären Wirbelkörper umgebende Bindegewebe die betreffenden Skeletschichten liefern. Geweblich unterscheiden sie sich aber dadurch, dass 1) die Bogenbasen entweder ganz oder theilweise knorpelig bleiben oder verknöchern, 2) das Bindegewebe aber entweder ganz oder nur theilweise verknöchert, und im letzteren Falle die nicht verknöcherten Theile bald bindegewebig bleiben, bald sich in Knorpel oder endlich Markmasse verwandeln.

Die Wirbelbögen und die Rippen.

Die oberen Wirbelbögen entstehen in der Regel als knorpelige, aufwärts zugespitzte und rückwärts gebogene Spangen, deren Enden über dem Rückenmarkskanale zur Berührung oder Verschmelzung gelangen. Wahrscheinlich fehlt die knorpelige Grundlage niemals vollständig, indem Aug. Müller selbst bei Cyprinoiden, deren obere Bögen frühzeitig rein knöchern erscheinen, wenigstens an den vorderen Wirbeln knorpelige Basen antraf (N. 18 S. 265); doch mag jener ursprüngliche Knorpel bisweilen auf die basalen Theile beschränkt sein, was sich ja auch an den unteren Bögen wiederholt. Sehr frühe erhalten auch die ganz

knorpelig angelegten oberen Bögen eine periostale Knochenrinde, worauf häufig, insbesondere an langen Wirbeln, auch die faserigen Membranen, welche die relativ weit von einander entfernten Bogenpaare verbinden, im Anschluss an deren Knochenrinde und je bis zur intervertebralen Grenze verknöchern. So entstehen über den Wirbelkörpern breite Knochendächer, an deren Bildung die ursprünglichen Wirbelbögen nur einen beschränkten Antheil haben. Ich habe dies an jungen Aalen erkennen können, wo die erwähnten Dächer sowie die Wirbelkörper sehr lang sind (Fig. 23) und nur in der Mitte die Bogenknorpel einschliessen; die Wirbel von *Eche-neis naucrates* zeigen eine solche Zusammensetzung der den Rückenmarkskanal bildenden Knochendächer auch schon äusserlich (Fig. 24).

Es sind im übrigen zweierlei Verbindungen der oberen Wirbelbögen untereinander bekannt: einmal verschmelzen ihre oberen Enden über dem oberen Wirbelkanal, worin das elastische Längsband liegt, zum Dornfortsatz (Fig. 9. 25); zweitens findet sich sehr häufig (Salmoniden, Clupeiden, *Esox* u. s. w.) eine quere knorpelige oder knöcherne Verbindung derselben zwischen jenem Längsbande und dem eigentlichen Rückenmarkskanal (Fig. 8). Die Bildung des Dornfortsatzes ist nicht selten eine scheinbare, indem die beiden Bogenenden sich nur berühren ohne zu verschmelzen; auch schliesst sich ihnen häufig ein besonderer, sie weit überragender Knochenstrahl an, der auch in Abwesenheit zugehöriger Flossen ebenso wie bei den Ganoiden (N. 11 S. 447. 455) als Flossenträger aufgefasst werden muss. Diese Verhältnisse variiren übrigens nicht unbedeutend selbst in dem einzelnen Thier. So zeigt *Esox* z. B. im Vorderrumpf die getrennten Bogenenden nebst Flossenträgern und die tiefere quere Verbindungsbrücke (Fig. 8); im Hinterrumpf fehlen die Flossenträger und im Schwanz besteht ein vollständiger Dornfortsatz, aber ohne die Verbindungsbrücke unter dem Längsbande. Stannius hat die letztere für den eigentlichen Wirbelbogenschluss erklärt (N. 22 S. 25. 26), Aug. Müller dem widersprochen ohne eine andere Deutung zu versuchen (N. 18 S. 264). Ich habe schon bei der Besprechung der ähnlichen Bildungen der Ganoiden (a. a. O.) darauf hingewiesen, dass jene Knorpelbrücke nicht auf medianwärts gerichteten Fortsätzen der Wirbelbögen, sondern aus selbstständigen Stücken entsteht. Ich sah dort nämlich bei 3 ctm. langen Hechtchen zwei längliche

Knorpelstücke liegen, welche in der Medianebene zwischen dem Längsbande und dem Rückenmarkskanal sich berührten, seitlich aber sich abwärts bogen und an der Innenseite der Wirbelbögen endeten, ohne noch mit ihnen verwachsen zu sein (Fig. 1); genau genommen lagen sie nicht einmal in derselben Querebene wie die Bögen, sondern mit einem Abschnitt vor denselben, sodass sie von vorn her zwischen diese eingeschoben erschienen. Die Verwachsung mit den Bögen tritt erst später ein (Fig. 8). Wir haben also in diesen paarigen, von oben etwas hinabziehenden und mit den eigentlichen Wirbelbögen wenigstens andeutungsweise alternirenden Knorpelstücken, welche sich unter dem Längsbande vereinigen, Homologa der Interkalarbögen der Selachier anzuerkennen und dürfen anderseits daraus schliessen, dass die entsprechenden Bildungen der Ganoiden die gleiche Bedeutung haben.

Endlich sei noch von den vordersten oberen Bögen von *Monacanthus* bemerkt, dass sie dort, wo sie aus den Wirbelkörpern hervortreten, eine unvollkommene Abgliederung zeigen in Form weicher Zellschichten mit länglichen Zellen, welche den Knorpel quer durchsetzen (Fig. 11).

Die unteren Bögen entstehen im Schwanze der Salmoniden und Hechte gerade so wie bei den Plagiostomen oder wie die oberen Bögen, als kontinuierliche Knorpelstreifen mit breiter Basis und zugespitztem Ende. Die hintersten, der Schwanzflosse zur Stütze dienenden Bögen entstehen nicht paarig, sondern als einfache Stäbe (vgl. Lotz N. 15 S. 93. 94); an den davorliegenden Bögen ist das obere Ende bereits gabelig getheilt oder paarig angelegt, während der gleichzeitig gebildete unpaare Abschnitt oder der Dornfortsatz an Länge noch bedeutend überwiegt. In der vorderen Hälfte des Schwanzes ist der Dornfortsatz anfangs nur kurz oder gar nicht angelegt, sodass die getrennten paarigen Bögen sich erst sekundär mit ihren unteren Enden verbinden. Bei jungen Cypriniden fand Aug. Müller nur die zur Schwanzflosse gehörigen unteren Bögen ganz knorpelig, an den übrigen kaudalen Bögen nur die Basis ebenso, den eigentlichen Körper derselben aber gleich knöchern angelegt (N. 18 S. 264. 265), was ich bei *Anguilla vulgaris* wiederfand (Fig. 22).

Ueber die Entwicklung des unteren Bogensystems im Rumpfe der Teleostier hat, abgesehen von einigen unbestimmten Aeusserungen v. Baer's und Rathke's (N. 2 S. 36, N. 20 S. 22),

Aug. Müller Beobachtungen angestellt. Bei jungen Hechten fand er kontinuierliche knorpelige untere Bögen mit breiter Basis und gegen das Ende verjüngtem Körper, welcher sich später als Rippe (Pleuralbogen) von der Basis (Basalstumpf) abgliedert. Um den Knorpelstrang der Rippen entwickelt sich später eine Knöchenhülle, welche aber das untere Ende freilässt (N. 18 S. 260, 261). Bei jungen Cypriniden (*Abramis*, *Leuciscus*) sind im Rumpfe ebenso wie im Schwanze nur die Basen der unteren Bögen knorpelig, deren eigentliche Körper oder die späteren Pleuralbögen gleich knöchern gebildet (a. a. O.). Auf Grund dieser entwicklungsgeschichtlichen und entsprechenden vergleichend-anatomischen Beobachtungen an anderen Teleostiern erklärte Aug. Müller die Querfortsätze und die daran hängenden Rippen zusammen für gleichwerthig den kaudalen Spinalbögen (N. 18 S. 260, 267—269). Diese, übrigens schon von Meckel (N. 16 S. 205, 209, 223, 244—250) vertretene Ansicht wurde später auch von Rathke (N. 21 S. 126) und Hasse (N. 12 S. 45) wiederholt. Ihr trat Joh. Müller entgegen, indem er die kaudalen Spinalbögen der Teleostier lediglich in die Bogenstümpfe des Rumpfes (untere Querfortsätze) sich fortsetzen liess, während die Pleuralbögen oder sogenannten „Rippen“ der Teleostier, anders wie bei den Ganoiden, im Schwanze in der Regel keine Homologa besitzen sollten (N. 17 I, S. 93). So wie Stannius (N. 22 S. 27) folgte auch Gegenbaur der Auffassung J. Müller's, wobei aber hervorgehoben werden muss, dass Gegenbaur ebenso wie Aug. Müller die Pleuralbögen für Theilprodukte unterer Bögen ansieht. „Die unteren Bögen erscheinen am Rumpfe in Rippen und diese tragende Querfortsätze (Parapophysen) gegliedert.“ „Bei den Teleostiern gehen die rippentragenden Querfortsätze unter allmählicher Convergenz am Caudalabschnitte in untere Bogenbildungen über, die obwohl sie Dornfortsätze bilden, jenen der Selachier und Ganoiden nicht homolog sind“ (N. 9 S. 455).

Ich selbst habe die Entwicklung und Bildung des unteren Bogensystems im Rumpfe bei *Esox*, *Anguilla* und *Salmo* untersucht und werde die bezüglichen Beobachtungen nach jenen drei Arten gesondert anführen, weil dieselben sich gerade so unterscheiden, dass bald die eine, bald die andere der eben reproducirten Ansichten über die Homologie der verschiedenen unteren Wirbelfortsätze und -anhänge gestützt erscheint.

Esox lucius. Ich habe die Kontinuität der unteren Bögen im Rumpfe des Hechtes nicht beobachtet, sondern sie bereits in Basalstümpfe und Pleuralbögen gegliedert angetroffen. Ich habe aber keinen Grund, an der Angabe und Abbildung Aug. Müller's zu zweifeln, wonach diese Stücke in einem kontinuierlichen Knorpelstreif angelegt würden. Die Pleuralbögen sind an den 3 cm langen Thieren relativ kurz und dick, ganz knorpelig und durchweg dem Ende der Basalstümpfe angefügt. Die alsbald auftretende periostale Knochenhülle fließt am unteren Ende des letzten Pleuralbogens ebenso wie an den dahinterliegenden Bögen zu einer soliden Knochenspitze zusammen (Fig. 5). An den übrigen Pleuralbögen reicht der Periostalknochen allerdings nicht bis an das Ende des Knorpelstranges; dieses ragt aber doch nicht frei zur Knochenhülle hervor, sondern ist in eine sehr resistente häutige Fortsetzung des Knochens vollständig eingeschlossen (Fig. 6). Auch ist der Knorpel gegen das Ende hin wesentlich verändert, indem er dort in ein ganz weiches Gewebe mit sehr viel dichter gestellten und quer gestreckten Zellen übergeht. Indem nun die Knorpelbildung in dieses weiche Gewebe von oben fortschreitet, rücken dort die Zellen auseinander, wächst also der ganze Strang bedeutend in die Länge; offenbar nimmt aber die bindegewebige Hülle nicht in dem gleichen Masse zu, da der Knorpelstrang beim Uebergang in das weiche Gewebe innerhalb jener Hülle eine Schlinge bildet. Dieses weiche Ende des Knorpelstranges unterhält also für längere Zeit das einseitige Längenwachsthum des Pleuralbogens, an dessen oberem Ende der Stillstand im Wachsthum des Knorpels durch eine theilweise Verfettung des letzteren bezeichnet wird. An den periostalen Knochen dieses Endes schliessen sich zwei flügelartige Membranen an, deren Verknöcherung dasselbe ansehnlich verbreitert (Fig. 5).

Wenn nun beim Hecht die Homologie zwischen den kaudalen Spinalbögen und den Basalstümpfen nebst den Pleuralbögen des Rumpfes schon aus der kontinuierlichen Anlage der letzteren mehr als wahrscheinlich wird, so lässt sich dieser Vergleich auch noch an jungen Hechten von 7 cm hinlänglich begründen. Auf den schon beschriebenen letzten Pleuralbogen folgen nämlich zwei bis drei nicht gegliederte aber auch unverbundene Bögen, welche jenem letzten gegliederten Bogen durch die breite knorpelige Basis und den dünnen knorpeligen Körper mit dem gleichfalls in eine Spitze

auslaufenden Periostalknochen völlig gleichen und selbst in der Länge nur wenig zurückstehen (Fig. 5. 21). Es lässt sich mithin der letzte Basalstumpf lediglich den Basen der folgenden einfachen Bögen gleichstellen, sodass der Pleuralbogen im Körper derselben sein Homologon fände. Von diesen einfachen unteren Bögen sind aber die folgenden kaudalen Spinalbögen nur durch die Verbindung der unteren Bogenhälften zum Dornfortsatz unterschieden, sodass mit Hilfe jener Uebergangsformen auf das evidenteste nachgewiesen werden kann, dass die Basalstümpfe des Hechts nur in die Basen, seine Pleuralbögen aber in die eigentlichen Schenkel der kaudalen Spinalbögen übergehen. In den erwachsenen Hechten sind diese Verhältnisse nicht mehr so anschaulich, indem jene Uebergangsformen, die 2—3 ungegliederten und unverbundenen Bögen im Wachsthum sowohl hinter dem letzten Pleural- als dem ersten Spinalbogen merklich zurückbleiben, wenngleich sie um das Mehrfache länger bleiben als die vorausgehenden Basalstümpfe. In den erwähnten Verhältnissen bei den jungen Hechten wird man aber nicht umhin können, eine bedingungslose Bestätigung der Ansicht Aug. Müller's zu finden, dass in den Spinalbögen des Schwanzes nicht nur Homologa der Basalstümpfe, sondern auch der Pleuralbögen enthalten sind.

Anguilla vulgaris. Vergleicht man an der fertig gebildeten Wirbelsäule dieses Fisches den ersten kaudalen Spinalbogen mit dem vorausgehenden Paar von Basalstümpfen und Pleuralbögen, so können die gleichwerthigen Stücke nur in demselben Sinn wie bei *Esox* bestimmt werden (Fig. 23); die Basalstümpfe sind nach Grösse, Form und Lage lediglich den breiten Wurzelstücken der Spinalbögen zu vergleichen, während die relativ kurzen Pleuralbögen, welche übrigens an der hinteren, inneren Seite der Basalstümpfe befestigt sind, den schmalen, schräg nach hinten gerichteten und zum Dornfortsatz verbundenen unteren Abschnitten der Spinalbögen entsprechen. In der Entwicklung unterscheiden sich aber diese Theile sehr auffallend von denen des Hechtes. An jungen Aalen von 7—8 cm Länge sind die Spinalbögen ähnlich gebildet wie bei den jungen Hechten (Fig. 22) nur ist der innere Knorpelstrang gleich anfangs kürzer, sodass die rein knöcherne Fortsetzung des Bogens mindestens die Hälfte desselben beträgt. An den davorliegenden Rumpfwirbeln war der knorpelhaltige Theil des Basalstumpfes demjenigen der Spinalbögen durchaus gleich,

die rein knöcherne Fortsetzung aber nur in Form einer Spitze und weiter vorn gar nicht mehr vorhanden. Von dieser Spitze sah ich aber das Periost in deutlicher Sonderung von den umgebenden Geweben sich längs der inneren Grenze der bezüglichen Muskel-segmente schräg rückwärts und abwärts hinziehen und darin eine eben angelegte, stabförmige Verknöcherung, welche noch pinselförmig zerfasert gegen den Hinterrand jener Spitze auslief. In seinen Lagebeziehungen entspricht nun dieses Knochenstäbchen oder der letzte Pleuralbogen schon bei so jugendlichen Individuen vollkommen der unteren rein knöchernen Hälfte eines kaudalen Bogens, welche ebenfalls vom Wurzelstück winkelig abgebogen ist. Die unvollkommene und überaus zarte Knochenbildung desselben Pleuralbogens bezeugt aber, dass er eben erst und folglich durch direkte Verknöcherung und getrennt von dem knorpelig vorgebildeten Basalstumpf entstanden ist. Dieser Unterschied von den gleichen Stücken des Hechtes erklärt sich aber in ersterer Beziehung daraus, dass die den Pleuralbögen entsprechenden unteren Abschnitte der kaudalen Bögen des Aals gleichfalls eine knorpelige Anlage entbehren, dass mithin an den unteren Bögen dieses Fisches eine ähnliche durchgängige Beschränkung der knorpeligen Anlage auf die Basaltheile eingetreten ist, wie wir eine solche schon an den oberen Bögen vieler Teleostier antrafen. Die Pleuralbögen des Aals bilden also in histiogenetischer Hinsicht keine isolirte Annahme. Ferner ist es aber klar, dass wo eine Trennung jener direkt verknöchernden unteren Bogenhälften von den Wurzelstücken vorbereitet ist, wie gerade im Rumpfe, eine vorausgehende Kontinuität sich nur in der weichen, bindegewebsartigen Grundlage beider Skelettheile zeigen kann, welche beim Aal, wie ich oben bemerkte, denn auch in der That existirt. Ueberhaupt scheint es mir für den vorliegenden Fall unstatthaft, die getrennt entstehenden Knochen des Aals mit der zusammenhängenden Knorpelanlage derselben Knochen beim Hecht zu vergleichen; vergleichbar sind in dieser Beziehung nur die definitiven Knochen beider Thiere, welche stets getrennt sind, und deren Grundlagen, welche ebenfalls in beiden Fällen kontinuierliche sind, sodass der eigentliche Unterschied sich darauf beschränkt, dass in dieser Grundlage einmal eine ausgedehnte und kontinuierliche Knorpelbildung der Verknöcherung vorausgeht, welche im andern Falle grösstentheils ausfällt. Mit Rücksicht auf die völlig knorpeligen

Anlagen der Wirbelbögen bei den Ganoiden und Selachiern darf man das Verhalten der unteren Wirbelbögen bei *Esox* für das phyletisch ältere, dasjenige bei *Anguilla* für ein sekundär abgeleitetes halten, und zwar so, dass die Reduktion der Knorpelanlage auch das diskrete Auftreten der Pleuralbögen veranlasste. Freilich ist der ursprüngliche Zusammenhang der Pleuralbögen und Basalstümpfe bei den Ganoiden, wie ich dies seinerzeit hervorgehoben habe (No. 11 S. 451) nicht bekannt, und man könnte daher scheinbar eben so gut annehmen, dass gerade die getrennte knorpelige Anlage beider Stücke die ursprüngliche Erscheinungsform der unteren Bögen des Rumpfes gewesen sei. Nur wäre dabei zu beachten, dass die nachweisbare Diskontinuität derselben bei *Anguilla* und, wie sich noch ergeben wird, bei *Salmo*, auf die sekundären Gewebsumbildungen, nicht auf die erste Anlage der genannten Bogenheile sich bezieht, welche sich ebenso kontinuierlich darstellt wie diejenige der kaudalen unteren Bögen. Es sind daher die Pleuralbögen immerhin als wirkliche Theile unterer Bögen anzusehen, sodass auch von dieser Seite ihrer Gleichstellung mit den unteren Abschnitten der kaudalen Spinalbögen nichts im Wege steht.

Salmo salar, *S. fario*. Vom unteren Bogensystem des Rumpfes der Salmoniden, welches durchweg knorpelig vorgebildet ist, sah ich anfangs ähnlich wie bei *Anguilla* nur die Wurzelstücke gebildet. In der vorderen und mittleren Rumpfgegend bleiben sie so niedrig, dass sie später ganz in die Wirbelkörper aufgenommen werden und alsdann von besonderen Trägern der Pleuralbögen nicht wohl die Rede sein kann. In der hinteren Rumpfgegend wachsen sie stärker hervor und bilden daher auch später aus den Wirbelkörpern hervortretende Basalstümpfe. Ueberall habe ich an diesen knorpeligen Wurzelstücken der unteren Bögen der Salmoniden gefunden, dass ihre eigentliche Basis nach hinten zu in eine schildförmige Fortsetzung auswächst, welche in natürlicher Lage von der Seite gesehen, wie eine von der dickern Bogenbasis gesonderte Platte erscheint (Fig. 15) und wohl mit zu der Ansicht Veranlassung gegeben haben mag, dass der Wirbelkörper knorpelig angelegt würde (Vogt). Rollet man die embryonale Wirbelsäule so weit um, dass die Bogenbasen ganz im Profil zu sehen sind, so erkennt man leicht, dass jene scheinbaren Platten unmittelbare polsterförmige Fortsetzungen der Bogenbasen sind und gegen die Oberfläche des Wirbelkörpers oder der (im optischen Durchschnitt

schwer sichtbaren) äusseren Chordascheide nicht allmählich, sondern scharf abfallen (Fig. 14).

Bevor nun die Pleuralbögen, von vorn nach hinten fortschreitend entstehen, sieht man, wie bei *Anguilla*, vom Ende der knorpeligen Bogenbasis und gleichsam als Fortsetzung ihres Perichondriums einen dichten, zellenreichen Gewebsstrang an der Innenseite der sogenannten Muskelgrenze schräg rückwärts und abwärts ziehen (Fig. 14, 2). Innerhalb dieses Stranges entwickeln sich darauf Knorpelzellen, welche meist in einer einfachen Reihe aneinandergereiht, den zunächst fadenförmig dünnen Pleuralbogen zusammensetzen. Ob diese Knorpelbildung auch vor den neun letzten Rumpfwirbeln, welche eine ganz besondere Bogenbildung zeigen, getrennt von der Bogenbasis beginnt, um sie erst sekundär zu erreichen, weiss ich nicht; jedenfalls erfolgt sie gleichzeitig auf einer sehr langen Strecke und hängt alsbald kontinuierlich mit dem Knorpel der Bogenbasis zusammen (Fig. 14, 1). Die wirkliche Abgliederung des dünnen, nur am vertebralen Ende kolbig angeschwollenen Pleuralbogens von der Basis tritt etwas später, aber nicht gleichzeitig an allen bezeichneten Wirbeln ein, sodass zu einer gewissen Zeit gegliederte und kontinuierliche Bögen nebeneinander bestehen können. Sollte aber auch die Knorpelbildung diskontinuierlich beginnen oder selbst eine solche Unterbrechung gelegentlich direkt in die bleibende Gliederung des ganzen Bogens übergehen, so wäre doch in Folge des ursprünglichen Zusammenhangs der Gesamtanlage die genetische Zusammengehörigkeit von Bogenbasis und Pleuralbogen nicht zu bezweifeln, so wenig als z. B. die Einheit der äusseren Chordascheide der meisten Selachier dadurch in Frage gestellt wird, dass sie nur in den getrennten vertebralen Abschnitten knorpelig wird, dagegen in den sie verbindenden Intervertebralringen häutig weich bleibt.

An den neun hinteren Rumpfwirbeln von *Salmo salar* entstehen nun die knorpeligen Pleuralbögen in der Hauptsache ebenso, d. h. in einem von der Bogenbasis ausgehenden, vom umgebenden Bindegewebe sehr deutlich unterscheidbaren Gewebstreifen (Fig. 14, 2. 15); ihre vertebralen Enden fliessen aber niemals mit der Bogenbasis zusammen, sondern bleiben von ihr getrennt und erreichen sie an den letzten Wirbeln überhaupt nicht (Fig. 20), sodass lediglich der in Bandmasse verwandelte Rest der gemeinsamen weichen Grundlage ihre Verbindung unterhält. Ausserdem

zeigen die Bogenbasen dieser neun Wirbel noch folgende Besonderheit. Bevor noch die relativ spät eintretende Bildung ihrer Pleuralbögen begonnen hat, sind die Enden der Bogenbasen ziemlich gerade abwärts und dann um die Stammgefäße (Aorta und Fortsetzung der Kaudalvene) gekrümmt einander entgegengewachsen, sodass sie wenigstens an den sechs letzten Wirbeln einander wirklich erreichen und je mit ihrem Wirbelkörper einen geschlossenen Ring bilden (Fig. 18). Indem die Enden der Bogenbasen dabei die Richtung der Anlagen der Pleuralbögen verlassen, fügen sich die letzteren später dem seitlichen Hinterrande jener Ringe an. Verfolgt man nun diese Wirbelbogenringe bis zum Schwanz, so scheinen sie durch die entsprechenden Bildungen der kaudalen Spinalbögen einfach wiederholt und fortgesetzt zu werden (Fig. 16 bis 18), und so die Auffassung Joh. Müller's aufs vollständigste zu bestätigen, dass die kaudalen Spinalbögen nur den Bogenstümpfen des Rumpfes homolog sind. Dennoch lässt sich diese Ansicht nicht aufrecht erhalten, sobald man die folgenden näheren Umstände erwägt.

Durchmustert man eine Querschnittserie von den vorderen Schwanzwirbeln aus nach vorn (Fig. 16—19)¹⁾, so ergibt sich zunächst, dass während im grössten Theile des Schwanzes die Stammuskeln unter den Stammgefäßen in der ganzen noch übrigen Höhe dicht zusammenrücken, sie in der Gegend der vorderen Kaudalwirbel von unten her durch den hintersten Abschnitt der Leibeshöhle wieder auseinandergedrängt werden, sodass der ganze von ihnen umschlossene subvertebrale Raum eine Sanduhrform mit zwei übereinanderliegenden Erweiterungen zeigt (Fig. 16). In der oberen liegt der von den Spinalbögen eingeschlossene Kaudalkanal, und vom unteren Bogenschluss zieht der Dornfortsatz zwischen die zusammengedrängten Muskeln hinab, ohngefähr bis dahin, wo dieselben auseinandertreten und die untere Erweiterung des von ihnen eingeschlossenen Raumes oder eben die Leibeshöhle beginnt²⁾. Im

1) Meine Abbildungen sind insofern schematische, als ich die betreffenden Skelettheile, welche bei ihrer schrägen Stellung niemals in einen Querschnitt fallen, immer vollständig in ein Bild eintrug.

2) Es erhellt daraus, dass die als kaudale Bildungen aufgefassten Spinalbögen und die den Rumpf bezeichnende Leibeshöhle durchaus nicht einfach hintereinanderliegen, selbst wenn wir eine den Segmentgrenzen entsprechende

Bereich des letzten Rumpfwirbels sind die eben beschriebenen Längenverhältnisse noch wesentlich dieselben (Fig. 17); es tritt nur an die Stelle des eigentlichen Dornfortsatzes das hinterste Paar Pleuralbögen, welche zwischen den Muskeln und über der Leibeshöhle, bez. der Niere dicht nebeneinander liegen und da sie nach ihrer Anlage ebenfalls als Fortsetzungen der darüber zusammengewachsenen Bogentheile aufzufassen sind, einen in seine paarigen Elemente zerlegten und abgegliederten Dornfortsatz vorstellen. Noch weiter vorn verändert sich aber das Bild derart, dass die Nieren zwischen die Pleuralbögen und bis zu dem die Stammgefäße einschliessenden Bogen hinaufrücken und in Folge dessen die Pleuralbögen nicht mehr von der Spitze, sondern von den Seiten desselben ausgehen und nicht mehr als die terminale Fortsetzung seiner beiden Schenkel, wie es die Dornfortsätze sind, erscheinen (Fig. 18). Jede Bogenbasis dieser hinteren Rumpfwirbel setzt sich also einmal kontinuierlich in einen Schenkel fort, der einwärts um die Stammgefäße gebogen, mit dem gegenüberliegenden in der Medianebene verwächst, und zweitens — diskontinuierlich in der Knorpel- und Knochenbildung, aber doch im Zusammenhang der ersten weichen Anlage — in den Pleuralbogen, welcher dort, wo der erstere Schenkel nach innen abbiegt, ansetzt und längs der Muskulatur weiter hinabzieht. An dem siebenten Rumpfwirbel, von hinten gerechnet, verschwindet das quere untere Schlussstück des Gefässkanals, sodass von den Bogenbasen nur einfache Basalstümpfe gerade abwärts ziehen und die Pleuralbögen sich ihnen in derselben Richtung anschliessen (Fig. 19).

Müssen wir also für die hintersten Rumpfwirbel von *Salmo* gewissermassen eine Gabelung des unteren Bogens annehmen, so ist es ferner nicht schwer, daran die einzelnen Homologien mit den entsprechenden Stücken anderer Regionen und anderer Teleostier herauszufinden. Der Stamm des unteren Bogens an jenen Wirbeln ist jedenfalls in den Seitentheilen des Gefässkanals, welche

schräge Grenzlinie zwischen Rumpf und Schwanz annehmen. Bei anderen Teleostiern (*Monacanthus*, *Diodon*, *Cyclopterus*, *Lepadogaster*, *Chironectes* u. s. w.) schiebt sich die unveränderte Fortsetzung der kaudalen Wirbelsäule viel weiter über die Leibeshöhle vor (Fig. 9), wobei stets die zusammengedrückten Muskeln einen gewissen Abschluss zwischen Gefässkanal und Leibeshöhle bewirken. In solchen Fällen rechne ich jene unveränderte Fortsetzung der eigentlichen kaudalen Wirbelsäule stets noch zu der letzteren.

davor zu den frei auslaufenden Basalstümpfen werden, und den sich daran schliessenden Pleuralbögen gegeben; die quere Verbindung jener Seitentheile oder der Basalstümpfe unter den Gefässen ist der Gattung *Salmo* im Gegensatz zu *Esox* und *Anguilla* eigenthümlich. Verfolgt man nun dieselben Rumpfwirbel von *Salmo* rückwärts, so erscheint dadurch, dass jene Stammtheile der unteren Bögen mit den beiden Muskelhälften unter den Gefässen näher zusammenrücken, das quere Verbindungsstück immer schmaler, sodass am letzten Rumpfwirbel (Fig. 17), wo die Pleuralbögen an den jungen Fischen beinahe und an den erwachsenen Thieren thatsächlich sich berühren, auch von einem besonderen queren Verbindungsstück der Basalstümpfe nicht wohl die Rede sein kann, indem ihre durch den Ansatz der Pleuralbögen bezeichneten Enden unmittelbar zusammenstossen. Es folgt aber daraus, dass die den Gefässkanal bildenden Halbringe an den hinteren Rumpfwirbeln von *Salmo* (mit Ausnahme des letzten) nicht ohne weiteres denen des Schwanzes gleichwerthig sind, sondern durch ein Verbindungsstück zwischen den Basalstümpfen hergestellt werden, welches aus paarigen medialen Fortsätzen der letzteren entsteht. Diese sogar aus der Richtung des eigentlichen Bogens heraustretenden Fortsätze können ebenfalls Hämalfortsätze genannt werden, wie die ähnlichen Bildungen bei den Stören, obgleich die letzteren zwischen Arterie und Vene liegen (No. 11 S. 449. 460); denn der Inhalt des bezüglichen Kanals wechselt schon innerhalb derselben Gattung, indem darin beim Lachs, wie ich beschrieb, nur die Gefässe, bei anderen Salmoniden nach Agassiz und Stannius (No. 1 S. 37, No. 22 S. 264) auch Theile der Nieren Platz finden. Indem also die Hämalfortsätze der Salmoniden nach hinten zu abnehmen, am letzten Rumpfwirbel sogar ganz verschwinden und die Basalstümpfe allein den Kanal umschliessen, wird erst der Uebergang zum entsprechenden oberen Theil der kaudalen Spinalbögen hergestellt, deren Dornfortsätze, wie wir sahen, den vereinigten Pleuralbögen homolog sind.

Das Ergebniss der voranstehenden Untersuchung ist dieses, dass das untere Bogensystem von *Salmo* durch die Verbindung der hinteren Basalstümpfe vermittelt der Hämalfortsätze spinalbogenähnliche Bildungen erzeugt, welche aber am letzten Rumpfwirbel durch den unmittelbaren Zusammenschluss der Bogenstümpfe ersetzt werden, und unter Verbindung mit den darunter zu Dornfortsätzen

paarig verschmolzenen Pleuralbögen in die ganzen Spinalbögen des Schwanzes übergehen. Vergleicht man mit den betreffenden Querschnitten von *Salmo* einen ähnlichen schematischen Durchschnitt von *Esox* aus der Uebergangsregion (Fig. 21), so zeigt sich ganz klar, wie in Abwesenheit der Hämalfortsätze der Spinalbogen durch einfache Lösung seiner unteren Verbindung (Dornfortsatz) in die ungegliederten und weiter die gegliederten unteren Bögen des Rumpfes (Basalstümpfe und Pleuralbögen) übergeht. Wollte man daher die obige Erklärung des unteren Bogensystems von *Salmo* von der Hand weisen und dafür die bezeichnete Joh. Müller'sche Ansicht vorziehen, so müsste *Salmo* in seinem Wirbelsystem nicht nur von den Ganoiden, sondern auch von den meisten übrigen Teleostiern in seltsamster Weise abweichen. Ich halte daher auch für *Salmo* die Ansicht Meckel's und Aug. Müller's von der Gleichwerthigkeit der Spinalbögen einerseits und der Basalstümpfe und Pleuralbögen anderseits für völlig begründet. — An *Salmo* schliessen sich bekanntlich nach der besonderen Bildung des unteren Bogensystems eine Anzahl anderer Teleostier an; nur dürfen damit diejenigen Formen nicht zusammengestellt werden, bei denen, wie erwähnt, die kaudalen Spinalbögen mit der entsprechenden Muskelanordnung weit über die hintere Hälfte der Leibeshöhle sich einfach fortsetzen (*Plectognathi*, *Discoboli*, *Chironectes* s. o.)¹⁾. Der Unterschied ist aber der, dass im ersten Fall die Leibeshöhle bis an den durch Hämalfortsätze hergestellten Gefässkanal reicht und folglich Pleuralbögen an demselben hängen können, während im anderen Fall die Leibeshöhle durch die zusammengerrückte Muskulatur von der völlig kaudal gebildeten Wirbelsäule ganz getrennt ist und an dieser die Pleuralbögen nur durch Dornfortsätze vertreten sind. — Umgekehrt können auch die an den hinteren Rumpfwirbeln von *Salmo* geschilderten Verhältnisse des unteren Bogensystems sich in den Schwanz, d. h. bis hinter den After fortsetzen (vgl. Stannius No. 22 S. 31); es sind aber dann nicht echte kaudale Spinalbögen, welche die Pleuralbögen tragen, sondern eben jene durch die Basalstümpfe und ihre Hämalfortsätze gebildeten runden oder zugespitzten Bögen. — Die einfachsten Verhältnisse des unteren Bogensystems bieten natürlich diejenigen

1) Offenbar sind es aber gerade solche Formen, welche Stannius mit *Salmo* u. s. w. zusammenstellt (No. 22 S. 28).

Teleostier dar, welche wie die oben genannten *Plethognathi* u. s. w., vor den Spinalbögen nur einfache ungegliederte Fortsätze, die unverbundenen Folgestücke der Spinalbogenschänkel, besitzen (Fig. 9. 10) oder bei denen die unteren Bögen bis auf die dem Wirbelkörper mehr oder weniger einverleibten Basen reducirt erscheinen.

Mit den bisher abgehandelten Skelettheilen des unteren Wirbelbogensystems der Teleostier halten die neueren Anatomen dasselbe für abgeschlossen; die sogenannten Fleischgräten werden seit Joh. Müller (No. 17 I S. 98) nicht mehr zum Stammskelet gerechnet und nur als gelegentliche Bandverknöcherungen aufgefasst. Vorher, als man unter „Rippen“ einfach seitliche oder untere Wirbelanhänge ohne Rücksicht auf ihren Ursprung und ihre besonderen Lageverhältnisse verstand, wurden die Fleischgräten mit den Pleuralbögen unter jenem Namen zusammengefasst, sodass sie nur als obere und untere Rippen unterschieden wurden (vgl. Meckel No. 16 S. 244—250). Eine gleiche Koordinirung aller dieser Theile vertrat auch Aug. Müller (No. 18 S. 271—284), wobei er jedoch nur die Gräten, insbesondere die zwischen den oberen und unteren Stammmuskelhälften gelegenen „Seitengräten“ ausschliesslich wegen ihrer Lage mit den Rippen der Amphibien und Amnioten, die Pleuralbögen aber sehr richtig nur mit den meist bloss kaudalen unteren Bögen derselben verglich (No. 18 S. 298). Endlich habe ich gelegentlich die Ansicht ausgesprochen (No. 10 S. 435), dass wenn bei den Teleostiern überhaupt echte Rippenhomologa vorhanden seien, dieselben nur in jenen Seitengräten zu suchen wären. Gegenbaur führt dagegen als Hauptargument an, dass die Gräten nach den Beobachtungen von Aug. Müller selbst rein knöchern angelegt würden, also mit den knorpelig vorgebildeten Rippen nicht verglichen werden könnten (No. 8 S. 309)¹⁾. Dabei übersieht aber Gegenbaur, dass nach Aug. Müller's Beobachtungen eine histogenetische Regel für die Ein-

1) Gegenbaur hat dieselbe Gelegenheit benutzt, mir die Unkenntniss der Arbeit Aug. Müller's vorzuwerfen, weil ich sie bei meiner ganz kurzgefassten „vorläufigen Annahme“, wie ich mich ausdrückte, nicht citirte. Wie müsste er erst über einen Schriftsteller urtheilen, welcher bei sehr umfassenden Untersuchungen über die Rippen und ganz bestimmten Urtheilen über die Gräten u. s. w. jene ihm vorliegende Hauptarbeit über diesen Gegenstand ebenfalls mit völligem Stillschweigen überging? Dieser Schriftsteller ist aber — Gegenbaur selbst!

zeltheile des Wirbelsystems nicht besteht (No. 18 S. 266), also auch die rein knöcherne Bildung der Gräten gegen ihre Rippennatur nicht angezogen werden könnte. Ich selbst habe im Verlauf meiner Abhandlungen über das Skelet sehr häufig Gelegenheit gehabt darauf aufmerksam zu machen, dass ursprünglich knorpelig vorgebildete Theile sich in direkt verknöchernde verwandeln; zuletzt sahen wir dies gerade an den Pleuralbögen der Teleostier. Trotzdem kann ich mich Aug. Müller nur sehr bedingt anschliessen.

Es ist natürlich, dass wir von den hier in Frage kommenden Rippenbildungen zunächst diejenigen der Selachier zum Vergleich heranziehen. Diese entstehen im genetischen Zusammenhang mit den unteren Bögen, aus seitlichen Fortsätzen derselben, welche zwischen die beiden Stammmuskelhälften in verschiedener Ausdehnung vordringen und dann sich vom Bogen abgliedern (vgl. Taf. IX Fig. 26. 27). Dass die Rippenfortsätze dabei nicht allmählich hervorwachsen, sondern gleich in ihrer ganzen Länge angelegt werden, scheint mir unerheblich gegenüber der Thatsache, dass der Bogenknorpel in die noch nicht knorpelige Anlage des Rippenfortsatzes kontinuierlich ausläuft und beide nach der Knorpelbildung ebenso kontinuierlich zusammenhängen, ehe in den meisten Fällen die definitive Gliederung eintritt (No. 11 S. 507. 527). Sollen nun bei den Teleostiern Homologa dieser Selachierrippen nachgewiesen werden, so können dabei nur die gleichgelagerten Seitengräten und von diesen nur solche in Frage kommen, welche einen gleichen genetischen Zusammenhang mit den unteren Bögen (mit den oberen Wirbelbögen hängen, soweit mir bekannt, nur die schiefen Gräten zusammen) annehmen lassen. Wie ganz anders Aug. Müller seinen Vergleich begründete, ergibt sich daraus, dass er alle Gräten, die seitlichen und die zwischen diesen und den Wirbelbögen liegenden schiefen, sowie obere und untere Wirbelbögen insgesamt als vom centralen Wirbelkörper ausgehende, unter sich völlig „ebenbürtige“ Wirbelstrahlen auffasst, von denen die in der Stammmuskulatur völlig eingeschlossenen eben Homologa von Rippen seien (No. 18 S. 279—284. 300); dass nur die ganz selbstständig und Wirbelbögen an der Bildung der Wirbelkörper betheiligt sind, die echten Rippen dagegen nur als (abgegliederte) Seitenfortsätze der Bögen, niemals als selbstständige Bildungen auftreten, hat Aug. Müller nicht weiter berücksichtigt. Es handelt sich daher mehr um den gleichen Namen

als die gleiche Sache, wenn ich nach Ausschluss aller sonstigen Gräten nur die oben näher bezeichneten Seitengräten gleichfalls für fähig halte, eventuell mit den Rippen zunächst der Selachier verglichen zu werden.

Was nun die an diesen Vergleich geknüpfte Bedingung des genetischen Zusammenhangs der Seitengräten mit den unteren Bögen betrifft, so lässt sich derselbe für eine Reihe von Seitengräten ziemlich bestimmt ausschliessen, nämlich für diejenigen, welche den sogenannten mittleren Querfortsätzen (Joh. Müller No. 17 I, S. 99, Stannius No. 22 S. 24) ansitzen, also allenfalls zu diesen seitlichen Vorsprüngen des periostalen Wirbelkörperknochens, aber nicht zu den Wirbelbögen in irgend welchen genetischen Beziehungen stehen könnten. Solche bei den Pleuronectiden, Gadiden u. s. w. vorkommenden Seitengräten (vgl. Meckel No. 16 S. 246) dürften daher ebenso wie alle schiefen Gräten Bandverknöcherungen sein. In dieselbe Kategorie möchte ich diejenigen Gräten stellen, welche an einer und derselben Wirbelsäule bald mit Bogentheilen, bald mit anderen Wirbeltheilen in Verbindung stehen. Es bleiben somit für den Vergleich mit Selachierrippen lediglich die an unteren Bogentheilen aufsitzenden Seitengräten übrig (vergl. Fig. 24), von denen sich zunächst, bis zur genaueren Prüfung ihrer Entwicklung, nur die Möglichkeit jener Homologie aussagen lässt. Doch habe ich an einem Teleostier, *Monacanthus penicilligerus*, den ich in zwei ganz kleinen Exemplaren untersuchte, solche Gräten angetroffen, welche ihre Rippennatur auf andere Weise mehr als wahrscheinlich machten. Sie bestanden nämlich ebenso wie die unteren Bögen selbst aus Knorpel (Fig. 9, 10), der in einen periostalen Knochen eingeschlossen und von Knochenlamellen durchzogen war, und waren den Bögen durch ein sehr dichtes Gewebe eng angeschlossen. Bandverknöcherungen liegen hier also jedenfalls nicht vor, und da andere selbstständige Skeletstücke an gleicher Stelle bei den Teleostiern und überhaupt allen Vertebraten unbekannt sind, so bleibt wohl kaum etwas anderes übrig als jene „Gräten“ von *Monacanthus* nach ihrer Lage und Beschaffenheit für ursprüngliche Seitenfortsätze der unteren Bögen, also für Homologa der Selachierrippen zu erklären.

6. Die Rippen der Urodelen.

(Hierzu Tafel IX.)

Die ganze Frage nach der Bedeutung und den Homologien der Rippen erhielt einen ganz anderen Ausgangspunkt und eine andere Richtung, wenn sich die zunächst vorläufige Mittheilung von Fick über die Entwicklung der Rippen bei *Triton taeniatus* (No. 5), welche mir eben durch die Güte des Verfassers zuzuging, nicht nur bestätigte, sondern die bezüglichen Resultate sich auch verallgemeinern liessen. Ich gebe die interessante Mittheilung hier vollständig wieder.

„Die Rippen gliedern sich nicht, wie Goette meint, von einem Rippenfortsatz ab, sondern sie entstehen selbstständig und treten erst nachträglich mit einem Querfortsatz und mittelbar mit den oberen Bögen in Verbindung. Die erste Anlage einer Rippe findet man als einen aus granulirten Körpern bestehenden Zellhaufen im peripheren Ende eines Myocomma und zwar an derjenigen Stelle, wo sich die Fläche eines Myocomma mit einer der Achse des Thieres parallel laufenden, äusseren Seitenrinne schneidet. Die Elemente dieser ersten Rippenanlage sind die Kerne des intermuskulären Bindegewebes. Während diese granulirten Kerne sich in Knorpel verwandeln, tritt nahe am chordalen Ende der oberen Bogenschenkel ein ähnlicher Zellhaufen gleichfalls im Myocomma auf. Der Zellhaufen entwickelt sich sofort zu einem knorpeligen Querfortsatz und tritt hierauf erst mit dem oberen Bogen in Verbindung. Querfortsatz und Rippen bilden bereits in diesem Stadium ein solides Ganze, das jedoch nur an seinem peripheren und an seinem centralen Ende aus Knorpel, in der Mitte dagegen aus den granulirten Kernen embryonalen Bindegewebes besteht; das Ganze tritt übrigens nicht aus der Ebene des Myocomma heraus. Eine zweite Verbindung zwischen Rippe und oberem Bogen entsteht gleichzeitig dort, abwärts von dem beschriebenen Gebilde und könnte etwa Querspange genannt werden. Gerade an ihr lässt sich am deutlichsten verfolgen, dass die Kerne des intermuskulären Bindegewebes sich zunächst vergrössern, vermehren und hierauf in Knorpelzellen umwandeln, dass also von einem Hervorsprossen aus dem oberen Bogen auch für dieses Gebilde keine Rede sein kann.“

Allerdings muss ich Fick darin vollständig Recht geben, dass die Rippen der Molche nicht knorpelige Auswüchse der oberen

Wirbelbögen sind, wie ich früher annahm, sondern aus einem weichen Bildungsgewebe innerhalb der Muskulatur entstehen. Aus eigenen älteren Präparaten — zu einer besonderen Nachuntersuchung fehlt mir eben das Material — ersehe ich aber, dass jene Anlage der (unteren) Rippe und ihres Querfortsatzes an einer c. 1 cm langen Tritonlarve einmal an sich eine kontinuierliche ist und ferner mit dem jungen Knorpel der Bogenbasis ohne Spur einer Trennung zusammenhängt (Fig. 28). Die Anlage besteht nämlich aus zusammengedrängten Bildungszellen, gerade so wie ich die ersten Anlagen der Wirbelbögen und anderer Knorpel antraf (vergl. No. 10 S. 375), der embryonale Knorpel der Bogenbasis aus ebenso dicht gefügten aber grösseren hellen Zellen mit runden und scharf gesäumten Umrissen; es versteht sich daraus leicht die Art des Zusammenhangs, wie ich dieselbe schon früher an den Bögen und Rippen der Selachier geschildert habe (No. 11 S. 507. 527). Die Knorpelbildung beginnt in dieser Anlage allerdings wie Fick angibt, getrennt am vertebralen, mit dem Wirbelbogen zusammenhängenden und am distalen verdickten Ende, um alsdann soweit zusammenzufliessen, dass an der späteren Gelenkstelle ein weniger vollkommenes Knorpelgewebe entsteht (vgl. Fig. 29 r p, g). Es ist möglich, dass Fick, was aus seiner kurzen Mittheilung nicht vollständig zu entnehmen ist, im Grunde dieselben Beobachtungen machte, aber die weiche Anlage nicht weiter berücksichtigte, sondern die Angaben über die Diskontinuität der Anlagen der Rippe und ihres Querfortsatzes lediglich auf die Knorpelbildung bezog. Dieser letzteren Erscheinung kann ich aber nach allem, was ich von den ähnlichen Bildungen der Fische mitgetheilt, das Gewicht nicht zugestehen, welches, wie mir wenigstens scheint, Fick ihr zuschreibt: der genetische Zusammenhang von Rippe, Querfortsatz und Wirbelbogen wird dadurch meines Erachtens nicht aufgehoben, sondern nur die kontinuierliche weitere Umbildung ihrer Anlagen. Auch scheint es mir nicht unwichtig, bei der Frage nach der genetischen Bedeutung der Urodelenrippen auf die Rippenbildung bei noch tiefer stehenden Vertebraten, nämlich der Selachier zurückzugreifen, von welcher ich hier Abbildungen hinzufüge (Fig. 26. 27), um meine frühere Beschreibung dieser Rippen als seitlicher Fortsätze der unteren Wirbelbögen (a. a. O.) zu rechtfertigen. Es wächst auch dort, wie erwähnt, die Rippe oder der Rippenfortsatz nicht als fertige Knorpelbildung aus dem Wirbelbogen hervor, sondern

wird durch einen Strang von Bildungsgewebe angelegt, in welchen der Knorpel des Bogens ununterbrochen ausläuft und welcher anfangs vertebral dichter und dicker ist als distal, wo er sich also etwas langsamer oder später entwickelt. Eine solche Bildung glaube ich aber mit vollem Recht als Fortsatz des Bogens, der ja vorher aus demselben Gewebe bestand, bezeichnen zu dürfen, um so mehr, als durch die darauf folgende Knorpelbildung dieser Rippenanlage jede Grenze zwischen ihr und dem Bogen sei es zeitweilig oder dauernd schwindet, letzteres namentlich an den kurzen Rippenfortsätzen der ersten Schwanzwirbel von *Scyllium* (No. 11 S. 506. 508). Die diskontinuirliche Knorpelbildung an den Bögen und Rippen der Urodelen würde sich also im Hinblick auf jenes Verhalten der gleichen Theile bei den Selachiern als eine ebensolche sekundäre Abänderung darstellen, wie die getrennte Knochen- und Knorpelbildung der Bogenstümpfe und Pleuralbögen mancher Teleostier, welche nicht nur in einer einheitlichen reichen Anlage erfolgt, sondern phyletisch auch von einem einfachen knorpeligen Bogen abgeleitet werden muss, wie er ontogenetisch noch bei *Esox* vorkommt (s. S. 143).

Im übrigen werden aber durch die Beobachtungen und Ansichten Fick's die von mir behaupteten Homologien der Rippen nicht im geringsten berührt. Ja, wollte man ihm vollständig und ohne die von mir hervorgehobene Einschränkung beipflichten, so würde dadurch in noch viel schärferer Weise meine Ansicht bestätigt werden, dass die Rippen keinesfalls untere Bögen sind und ihre Entwicklung lediglich durch die Anordnung der Stammuskeln, bez. durch die Bildung und Lage ihrer Scheidewände bedingt werden, wie ich dies in der Abhandlung über das Wirbelsystem der Selachier eingehender auseinandergesetzt habe (No. 11 S. 510 ff.).

Da Fick's Mittheilung mich nun einmal veranlasst hat, hier anhangsweise von den Rippen der Urodelen zu sprechen, so erlaube ich mir, hier noch gleich die Abbildungen über die Doppelanlagen derselben Rippen, welche bereits jahrelang in meinem Pult ruhen, dem „nonum prematur in annum“ zu entreissen, insbesondere da Fick über diese Bildung auffallenderweise schweigt. Meine oben mitgetheilten Bemerkungen beziehen sich auf die zuerst entstehende untere Rippe; die obere entsteht, soweit ich sehe, in derselben Weise, nur in einer anderen Länge (Fig. 29), wie ich es ausführlich am andern Ort (No. 10 S. 397—399) von Triton und Sala-

mandra beschrieben habe. Die erste Andeutung über diese Doppelbildung finde ich bei Aug. Müller (No. 18 S. 302), welcher kurz angibt, dass die Querfortsätze und Rippen den Urodelen doppelt angelegt seien und alsbald je zu einem Stück verschmelzen. Die Kürze dieser Mittheilung und der Mangel begleitender Abbildungen werden wohl die Ursache gewesen sein, dass dieselbe bisher von allen mit diesem Gegenstand beschäftigten Forschern unbeachtet blieb, so wie sie auch mir früher entgangen war, sodass ich jene Thatsache nicht nur für mich allein neu entdeckte. Jetzt will ich sie also bestätigen und durch meine Abbildungen (Fig. 29—35) erläutern. Es bliebe nur noch hinzuzufügen, dass die Doppelbildung auch noch an manchen erwachsenen Urodelen kenntlich bleibt, wie z. B. bei *Salamandrina perspicillata* (vgl. Wiedersheim No. 24 Taf. V) und bei *Menopoma*. Wenigstens zeigen die Querfortsätze von *Menopoma* (Fig. 35) bis in den Schwanz hinein eine Längsfurche, während die rudimentären letzten Rumpf- und die Schwanzrippen¹⁾, aber nicht die Sakralrippe, dieselbe entbehren und wahrscheinlich grössentheils auch nur einfach angelegt sind, wie ich es von den hintersten Rippen der Tritonen und Salamander angab. — Was Fick aber unter der „zweiten Verbindung zwischen Rippe und oberem Bogen“ oder seiner Querspange versteht, ist mir nicht klar geworden. Die Knochenspange, welche ich schon früher beschrieben habe (No. 10 S. 399), kann es nicht sein; denn diese verbindet den

1) Bekanntlich hat Claus vor Kurzem die schon früher von verschiedenen Autoren behauptete Anwesenheit von Rippen an solchen Schwanzwirbeln, welche zugleich untere Bögen tragen, bei Amphibien und Amnioten von neuem bestätigt und daraufhin die völlige Verschiedenheit jener beiden Skelettheile gegen Gegenbaur behauptet (No. 4). Dass Claus bei der Reproduktion aller früheren bezüglichlichen Angaben die meinigen über *Menopoma* (No. 10 S. 430) mit Stillschweigen übergang, hätte mich zu keiner weiteren Bemerkung veranlasst; meine Beobachtung an sich hatte unter den mehreren anderen keinen besonderen Werth. Dagegen muss ich mein Prioritätsrecht in Bezug auf die Verwerthung dieser Thatsachen als unwiderleglicher Zeugnisse gegen die bekannte Auffassung Gegenbaur's wahren; denn andernfalls würde ich den seltsamen Vorgang gutzuheissen scheinen, dass nachdem die von mir zuerst begründeten Ansichten die abfällige Kritik Gegenbaur's erfahren, ihre endliche Anerkennung einem Dritten ohne Widerspruch zu Theil würde, lediglich desshalb, weil derselbe meine Arbeit mit Stillschweigen übergang.

(unteren) Querfortsatz mit dem Wirbelkörper (Fig. 30. 31) und ist niemals knorpelig. Ich möchte daher vielmehr vermuthen, dass, da Fick nur von einer Rippenanlage spricht, er die Doppelanlage nur auf ein gabeliges Ende einer einfachen Rippe bezogen habe; dann könnte das vertebrale Ende der unteren Rippe seine knorpelig präformirte „Querspange“ vorstellen (vgl. Fig. 29).

Litteraturverzeichniss.

1. Agassiz et Vogt, *Anatomic des Salmones* (Extrait du III. volume des *Mémoires de la Société des sciences naturelles de Neuchâtel*).
2. v. Baer, *Untersuchungen über die Entwicklungsgeschichte d. Fische u.s.w.*
3. Cartier, *Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Wirbelsäule* in: v. Siebold's und Kölliker's *Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie* Bd. XXV. Suppl. 1875.
4. Claus, *Beiträge zur vergleichenden Osteologie der Vertebraten* aus: *Sitzungsber. der k. Akademie der Wissenschaften zu Wien*, LXXIV. Bd. 1. Abth. 1876.
5. Fick, *Ueber die Entwicklung der Rippen und Querfortsätze bei Amphibien*, in den *Sitzungsberichten der schlesischen Gesellschaft für vaterländische Cultur. Naturwissenschaftliche Section*. Sitzung v. 26. Juni 1878.
6. Gegenbaur, *Untersuchungen zur vergleichenden Anatomie der Wirbelsäule bei Amphibien und Reptilien*.
7. Derselbe, *Ueber die Entwicklung der Wirbelsäule des Lepidosteus mit vergleichend-anatomischen Bemerkungen*, in: *Jenaische Zeitschrift für Medicin und Naturwissenschaft* Bd. III.
8. Derselbe, *Einige Bemerkungen zu Goette's Entwicklungsgeschichte der Unke u. s. w.* in: *Gegenbaur, Morphologisches Jahrbuch* I.
9. Derselbe, *Grundriss der vergleichenden Anatomie* 1878.
10. Goette, *Entwicklungsgeschichte der Unke*.

11. Derselbe, Beiträge zur vergleichenden Morphologie des Skeletsystems der Wirbelthiere. II. Die Wirbelsäule und ihre Anhänge. 2. Die Ganoiden. 3. Die Plagiostomen, in: Archiv für mikroskopische Anatomie Bd. XV.
 12. Hasse und Schwarck, Studien zur vergleichenden Anatomie der Wirbelsäule u. s. w., in: Hasse, Anatomische Studien.
 13. Kölliker, Untersuchungen über das Ende der Wirbelsäule der lebenden Ganoiden und einiger Teleostier.
 14. Derselbe, Weitere Beobachtungen über die Wirbel der Selachier u. s. w. in: Abhandlungen herausgegeben von der Senkenbergischen naturforschenden Gesellschaft zu Frankfurt Bd. V.
 15. Lotz, Ueber den Bau der Schwanzwirbelsäule der Salmoniden u. s. w. in: v. Siebold's und Kölliker's Zeitschrift f. wiss. Zoologie Bd. XIV.
 16. Meckel, System der vergleichenden Anatomie Bd. II. 1.
 17. Joh. Müller, Vergleichende Anatomie der Myxinoiden. I. Osteologie und Myologie. III. Vergleichende Neurologie der Myxinoiden.
 18. Aug. Müller, Beobachtungen zur vergleichenden Anatomie der Wirbelsäule in: J. Müller's Archiv für Anatomie, Physiologie und wissenschaftliche Medicin 1853.
 19. Wilh. Müller, Beobachtungen des pathologischen Instituts zu Jena. I. Ueber den Bau der Chorda dorsalis in: Jenaische Zeitschrift für Medicin und Naturwissenschaft Bd. VI.
 20. Rathke, Bildungs- und Entwicklungsgeschichte des *Blennius viviparus* oder des Schleimfisches, in: Abhandlungen zur Bildungs- und Entwicklungsgeschichte des Menschen und der Thiere II.
 21. Derselbe, Entwicklungsgeschichte der Wirbelthiere.
 22. Stannius, Handbuch der Anatomie der Wirbelthiere. I. Die Fische. 1854.
 23. Vogt, Embryologie des Salmones.
 24. Wiedersheim, *Salamandrina perspicillata* und *Geotriton fuscus*.
-

Erklärung der Abbildungen auf Tafel VII, VIII und IX.

Allgemeine Bezeichnungen.

a Aorta.	m, m' Obere und untere Hälfte der Stammuskulatur.
b k Aufgelagerter Bindegewebsknochen.	ms Horizontale Grenze zwischen denselben.
c Chorda (Gallertkörper).	n Nieren.
cs Innere oder kutikulare Chordascheide.	ob Oberer Wirbelbogen.
cs' Aeussere Chordascheide und knöcherner Doppelkegel des Wirbelkörpers.	r Rückenmark und Rückenmarkskanal.
d Darm.	rp Rippe.
e elastisches Längsband und oberer Wirbelkanal.	s Sehnenhaut.
h Hämalfortsatz.	sp, sp' Oberer und unterer Dornfortsatz.
i Interkalarbogen.	ub Unterer Wirbelbogen (Spinalbogen).
in Intervertebralring (äussere Chordascheide.)	ub' Unterer Bogenstumpf.
in' Intervertebraler Wulst der inneren Chordascheide.	ub'' Pleuralbogen.
kk Kaudalkanal und seine Fortsetzung im Rumpfe.	v Schwanzvene und ihre Fortsetzung im Rumpfe.

Tafel VII.

Fig. 1—8 von *Esox lucius*, 1. 2 von 3 cm, 3—6 von 7 cm Länge, 7. 8 von erwachsenen Thieren.

Fig. 1 und 2. Querdurchschnitte durch Rumpfwirbel, 1. durch den Interkalarbogen, 2. durch die Bogenbasis.

Fig. 3. Horizontaler Durchschnitt durch die Mitte eines Wirbelkörpers, b dem Intervertebralring aufgelagerte Sehnenmasse, c natürlich geschrumpfter Gallertkörper.

Fig. 4. Querdurchschnitt durch einen Wirbelkörper, b Bindegewebe zwischen Sehnenhaut und Knochen, c natürlich geschrumpft.

Fig. 5. Die zwei letzten Rumpfwirbel (1. 2) mit Pleuralbögen und der erste Uebergangswirbel mit einfachem untern Bogen (3.)

Fig. 6. Ende eines Pleuralbogens, k die Schleife des weichen Knorpelstranges, f die fibröse Hülle desselben.

Fig. 7. Horizontaler Durchschnitt durch die Mitte eines Wirbelkörpers, b den Intervertebralring bedeckende Sehnenmasse, c geschrumpfte Reste des Gallertkörpers, die Zwischenräume der aufgelagerten Knochenlamellen sind mit Knochenmark gefüllt.

Fig. 8. Querdurchschnitt durch einen Rumpfwirbel im Bereich des mit dem Wirbelbogen verwachsenen Interkalarbogens (i), zwischen den Knochenlamellen bk befindet sich Marksubstanz, x Fettkörper über dem Rückenmarke.

Fig. 9—11 von *Monacanthus penicilligerus* (3 cm).

Fig. 9. Querdurchschnitt durch den Hinterrumpf, oh Oberhaut, die Zwischenräume der Knochenlamellen bk mit Knorpel gefüllt.

Fig. 10. Querdurchschnitt aus dem Vorderrumpf.

Fig. 11. Querdurchschnitt dicht hinter dem Kopf, g unvollkommene Gliederung des oberen Wirbelbogens.

Fig. 12. 13 von *Salmo salar*.

Fig. 12. Senkrechter Längsdurchschnitt durch die embryonale Chorda, b Vakuolen, ax Axenstrang des Darmblattes.

Fig. 13. Flächenansicht der äusseren Chordascheide von einem ausgeschlüpften Lachsungen, k die ersten Splitter ossificirter Substanz, b Saum der knorpeligen Bogenbasis.

Tafel VIII.

Fig. 14—20 von *Salmo salar*, 14—19 von 2—3 cm, 20 von c. 10 cm Länge.

Fig. 14. Untere Bögen aus der hinteren Rumpfhälfte ganz im Profil gesehen, 1. weiter vorn, u b'' ganz knorpelig und im Zusammenhang mit u b', b schildförmige hintere Ausbreitung der Bogenbasis, 2. weiter hinten, u b'' in weicher Anlage, mit u b' nur durch den Bindegewebsstrang f verbunden, g Gefäss, b wie vorher.

Fig. 15. Untere Bögen der hintersten Rumpfwirbel, in natürlicher Lage von der Seite gesehen, b, f wie in Fig. 14.

Fig. 16—19. (Halbschematisch.) Querdurchschnitte durch den ersten Schwanzwirbel (16), den letzten Rumpfwirbel (17) und zwei weiter vorn gelegene Rumpfwirbel (18. 19).

Fig. 20. Untere Bögen der zwei letzten Rumpfwirbel (1. 2) und des ersten Schwanzwirbels.

Fig. 21. (Halbschematisch.) Querdurchschnitt durch einen Uebergangswirbel am hinteren Rumpfende von einem jungen Hecht, f Afterflosse.

Fig. 22, 23 von *Anguilla vulgaris* (7 und 25 cm).

Fig. 22. Untere Bögen des letzten Rumpfwirbels (1) und der zwei ersten Schwanzwirbel (2, 3), x verbreiterte Basis des Spinalbogens.

Fig. 23. Letzter Rumpfwirbel (1) und erster Schwanzwirbel (2), b knöchernes Wirbeldach, x wie in Fig. 22.

Fig. 24. Rumpf- und Schwanzwirbel von *Echeneis naucrates*, gr Seitengräten, f Rückenflosse, f' Afterflosse.

Fig. 25. Querdurchschnitt eines hinteren Wirbels von *Chiromectes* sp., b knorpelartige Substanz zwischen den Knochenlamellen bk.

Taf. IX.

Allgemeine Bezeichnungen.

c Chorda (Gallertkörper).	ob Oberer Wirbelkörper.
cs' Aeussere Chordascheide.	q, q' Oberer und unterer Querfortsatz.
ft Foramen transversarium zwischen den Doppelanlagen der Querfortsätze und Rippen.	q'' Die beiden in eins verschmolzenen Querfortsätze.
ft' Foramen transversarium zwischen dem unteren Querfortsatz und dem Wirbelkörper.	rp, rp' Obere und untere Rippe.
g, g' Oberes und unteres Rippengelenk.	rp'' Die beiden in eins verschmolzenen Rippen.
il Darmbein.	rk, rk' Oberer und unterer Rippenknorpel.
kb Sekundäre Knochenbrücke zwischen Querfortsatz und Wirbelkörper.	ub Unterer Wirbelbogen.

Fig. 26. Querdurchschnitt durch die Mitte eines Embryo von *Torpedo ocellata* (55 mm), m, m' obere und untere Stammmuskelhälfte, r Rippenanlage, gl Spinalganglion, sn Spinalnervstamm.

Fig. 27. ub und r aus der vorigen Figur stärker vergrössert.

Fig. 28, 29 von *Triton taeniatus*.

Fig. 28. Horizontaldurchschnitt der unteren Rippenanlage von einer c. 1 cm langen Larve, m Muskeln.

Fig. 29. Rippenanlage einer grösseren Larve frei herauspräpariert.

Fig. 30—34 von Larven der *Salamandra maculosa*.

Fig. 30. Erste Rippenanlage frei präparirt und im optischen Durchschnitt gesehen, der Wirbelkörper z. Th. nach einem andern Durchschnitt ergänzt. k Knorpelverkalkung, rk' umgelegt gezeichnet.

Fig. 31—33. Dritte, fünfte und siebente Rippenanlage frei herauspräparirt.

Fig. 34. Rippenanlage des Kreuzbeinwirbels.

Fig. 35. Hintere Rumpf- und vordere Schwanzwirbel von *Menopoma allegghaniense*, sp obere Dornfortsätze.