

Die Muskeln und Nerven der Ceratodusflosse.

Ein Beitrag zur vergleichenden Morphologie
der freien Gliedmaasse bei niederen Fischen und zur Archipterygiumtheorie.

Von

Hermann Braus,

Privatdocent und Prosector in Würzburg.

Mit den Tafeln XXI—XXIX und 25 Figuren im Text.

Die grosse Formenmannigfaltigkeit, welche selbst bei den Extremitäten der einfach organisirten, niederen Fische herrscht, erschwert die Erkenntniss des Typischen und Gemeinsamen im Bau dieser Organe. Es bestehen daher, trotz des ungemainen Fleisses und Scharfsinnes, welche auf die Untersuchung derselben verwendet worden sind, noch grosse Meinungsverschiedenheiten unter den Autoren, welche so weit gehen, dass z. B. bei Ganoiden selbst Hauptbestandtheile der Extremität, wie es der Extremitätengürtel und die freie Flosse sind, an verschiedenen Stellen gesucht, gefunden oder vermisst werden. Aber selbst da, wo die Verhältnisse einfacher liegen und der Deutung zugänglicher sind, hat doch die Mannigfaltigkeit im Bau und die grosse Variabilität immer wieder Zweifel wachgerufen, ob das bisher als typisch Erkannte nicht das Unwesentliche und Transitorische sei, und ob nicht die Urform noch unseren forschenden Blicken verborgen geblieben. Diese Schwierigkeiten spitzen sich besonders zu, wenn man die Formverhältnisse der Fischflossen als Basis zu nehmen und von hier aus die Extremitäten der Pentadactylier genetisch zu verstehen versucht. Die Kluft zwischen den Fischen und Amphibien ist unüberbrückt, da primitive vermittelnde Thierformen in der jetzt lebenden Thierwelt fehlen. Alle Familien, welche als connectente Organismen von verschiedenen Autoren angesehen werden, sind von der Urform in einseitiger Richtung abgewichen und können deshalb als ursprüngliche Bindeglieder nicht ohne weiteres erkannt werden. Wenn nun dazu noch der feste Ufergrund auf Seite der Fische fehlt, von dem wir in Gedanken die Brücke, welche einst von den Extremitäten bei Gestaltung der pentadactylen Gliedmaasse beschritten wurde, reconstruiren könnten, so ist das Hin- und Herschwanken verständlich, welches die Extremitäten-Literatur in diesen Fragen aufweist.

Man versteht auch, wie sehr das Verlangen nach neuen Thatsachen auf dem Gebiete der Gliedmaassen-Morphologie wach geblieben ist. Vielen schien die Entwicklungsgeschichte berufen, hier neue Antworten auf alte Fragen zu geben. Aber gerade bei den Extremitäten, welche früh gebraucht und deshalb schnell und complet angelegt werden, um die Ausbildung zeitig zu vollenden, ist die ontogenetische Form häufig in den wesentlicheren Punkten von vornherein identisch mit dem ausgebildeten Organ. Immerhin zeigt die Embryologie noch manches werthvolle Merkmal vergangener Epochen, welches der ausgebildeten Form abgeht.

Es liegt hier noch ein weites Feld der Forschung offen. Denn die ontogenetische Untersuchung der niederen Gliedmaassen muss eine vergleichende sein. Das alte Postulat der vergleichenden Morphologen, die Beurtheilung der Stammesentwicklung nicht nach der Entwicklungsgeschichte einer oder weniger Formen zu beurtheilen, findet mit der Ausdehnung unserer entwicklungsgeschichtlichen Kenntnisse und der Erkenntniss von der Verschiedenheit der Entwicklung bei verschiedenen, selbst stammverwandten Thieren naturgemäss immer mehr Zustimmung und Anerkennung. Für den ruhig abwägenden Forscher kann es ja keinem Zweifel unterliegen, dass die Zusammenhänge in der Vielgestaltigkeit morphologischer Formen nur richtig erkannt werden können, wenn wir alle uns bekannten Eigenthümlichkeiten

der Form¹⁾ in Ansatz bringen und aus dem Vergleich unser Urtheil ableiten. Den leitenden Gesichtspunkt für die Entscheidung darüber, welcher Zustand aus der grossen Mannigfaltigkeit verschiedener und oft einander scheinbar widersprechender Formen von den Vorfahren ererbt wurde, wird aber stets die Function bilden. Denn nur daran, ob ein Organ in einer bestimmten Ausbildung auch functionirt, können wir erkennen, ob dasselbe überhaupt lebensfähig ist. Was nützt uns dagegen alle ontogenetische Kenntniss für phylogenetische Erkenntniss, wenn die Formen, mit welchen wir operiren, nie im Stande waren, frei zu leben und sich zu vermehren?

Dadurch regelt sich von selbst die Bedeutung, welche der sich entwickelnden und entwickelten (fertigen) Form für phylogenetische Schlüsse innewohnt. Denn in den meisten Fällen liegt während der ontogenetischen Entwicklung der höheren Thiere die Function der Organe brach. Die Bedeutung derselben wird in diesen Fällen erst, abgesehen von paläontologischen Dokumenten, im Zusammenhang mit der fertigen Form richtig bewerteth werden können. Ist den sich entwickelnden Formen eine Function gegeben oder lässt sich durch das Experiment eine solche anregen, wie dies neuerdings vielfach mit Erfolg geschieht, so werden selbstverständlich auch hier phylogenetische Schlüsse möglich sein. Immer aber wird die Vergleichung in ihrem Recht bleiben, da die sich entwickelnden Formen manchmal nach anderer Richtung hin Functionen äussern als die fertigen. Das sind für den vergleichenden Morphologen im Princip lange geübte und bekannte Sätze. Manche Embryologen, welche heute gegen alte Ueberlegungen wie diese, als ob es überlebte Doktrinen seien, theoretisch zu Felde ziehen, acceptiren sie morgen, wenn die specielle Untersuchung zur Auswahl unter den sich scheinbar gegenseitig aufhebenden Funden drängt, in der Praxis als eine vermeintlich neue, erst mit dem Emporblühen ontogenetischer Methoden gefundene Wissenschaft. Dafür liefert gerade die Extremitäten-Literatur lehrreiche Beispiele. So erfreulich es ist, dass die vergleichenden Gesichtspunkte auch in der Embryologie thatsächlich immer mehr Anwendung finden, so ist es gegenüber den von Missverständnissen zeugenden Angriffen mancher Forscher auf die vergleichend-morphologische Methode Sache der Gerechtigkeit, daran zu erinnern, dass die Entwicklungsgeschichte bei Anwendung derselben von Anfang²⁾ an dieser ihrer wahren Bedeutung nach stets voll gewürdigt wurde und nur von solchen unterschätzt worden ist, welche ihrerseits die gegebenen Grundlagen ihrer Wissenschaft nicht unbefangen zu prüfen vermochten.

Ich habe mir in der vorliegenden Arbeit das Ziel gesteckt, durch das Studium der Musculatur und Innervation der Gliedmaassen niederer Fische neue Bausteine zu gewinnen, mit welchen ich helfen könnte, Lücken in unseren Kenntnissen über die allgemeine Gliedmaassen-Morphologie auszufüllen, und eine Basis herzustellen, auf welcher die eine oder andere der Theorien über die Ableitung der fünfzehigen Extremität festere Stützpunkte als bisher finden könnte. Da bei der Beckenflosse nur wenige und bei der Brustflosse so gut wie gar keine Mittheilungen über die Innervation der freien Extremität in der Literatur vorliegen und auch die myologische Bearbeitung keine ausreichende ist, habe ich mich in meinen eigenen Untersuchungen auf diese beiden Bestandtheile der Flossen concentrirt. Jedoch wurden nur diejenigen Muskeln und deren Nerven berücksichtigt, welche der eigentlichen Flosse angehören. Die von der Rumpfmusculatur secundär abgespaltenen und in Beziehung zur Extremität tretenden Gruppen (Homodynamie des Serratus-systems u. a. bei höheren Thieren) fanden, soweit sie überhaupt vorkommen, keine specielle Berücksichtigung.

Das Skelet wurde natürlich in seinen Beziehungen zur Musculatur und zum Nervensystem ständig berücksichtigt. Doch ist die Kenntniss desselben an sich durch eine grosse Anzahl von Arbeiten, unter welchen die epochemachenden Untersuchungen GEGENBAUR's immer in erster Reihe stehen, so sehr ausgebaut, dass ich das Wesentliche als bekannt voraussetzen kann.

1) Das, was RABL neuerdings „Entwicklungseinheit“ (1899, p. 264) genannt hat.

2) Vergl. GEGENBAUR's Abhandlungen aus den 60er Jahren bis 1898, p. 17, 18.

Eigene embryologische Untersuchungen sind, abgesehen von kleineren Notizen, in dieser Arbeit nicht niedergelegt. Doch konnte ich zuverlässige Untersuchungen Anderer und eigene frühere Arbeiten benutzen.

Die technischen Schwierigkeiten, welche bei der Präparation der Flossennerven zu überwinden sind, bringen es leider mit sich, dass mein Material ein ziemlich beschränktes ist. Doch habe ich die Auswahl so zu treffen gesucht, dass die wichtigeren Thierformen Berücksichtigung fanden. Den Ausgangspunkt der Untersuchung bilden die Dipnoer, um welche sich im weiteren Verlauf der Verarbeitung meines Materials alles Andere gruppirt, da sie in der Organisation ihrer Extremitäten die Reste ursprünglicherer Bildung und zugleich den Schlüssel für das Verständniss der höheren Gliedmaassen bewahrt haben. Ich suchte das reiche Material von *Ceratodus Forsteri* KR., welches mir aus den Sammlungen von Prof. SEMON zu Verfügung stand, nach Kräften auszunutzen und verzichtete ganz auf die Untersuchung der anderen Lungenfische, weil bei diesen offenbar nur Rückbildungen gegenüber den Extremitäten des *Ceratodus* vorliegen.

Zur Durchführung des Vergleiches bedurfte ich der genauen Untersuchung der Selachier. Auch hier beschränkte ich mich auf die ausganggebenden Formen, die Squaliden, und zwar auf die hepta- und hexatremen Formen, sowie auf niedere Pentanchier (Spinaciden). Die Rochen schied ich aus, weil wohl kein Zweifel mehr sein kann, dass sie nur durch Vermittelung der Squaliden für die Extremitätenfrage in Betracht kommen.

Andererseits fesselten mich besonders die Ganoiden, welche von vielen Autoren zu den Dipnoern in nähere Beziehungen gebracht wurden, deren vielformige Flossen so weiten Spielraum für Muthmaassungen über die Entstehung der höheren Gliedmaassen geben und in der verschiedensten Weise benutzt worden sind. Meine Resultate führen mich allerdings hier zu einer vollen Ablehnung aller dieser Speculationen. Um aber dies nachzuweisen, bedurfte es einer Durcharbeitung der wichtigeren Familien. Ich untersuchte von den Acipenseriden (*G. chondrostei*), Acipenserinen (*Acipenser* und *Scaphirhynchus*) und Spatulariden (*Polyodon*), von Crossopterygiern *Polypterus* und von Amiaden *Amia*. Die Lepidosteiden glaubte ich am ehesten bei Seite lassen zu können, da sie in ihrer ganzen Organisation weder sehr ursprüngliche Beziehungen bewahrt haben, noch zu höheren Thiergruppen in naher Verwandtschaft stehen. *Amia* wurde wegen des verwandtschaftlichen Verhältnisses zu den Knochenfischen besonders berücksichtigt, auf die Teleostier selbst aber nicht näher eingegangen, da es nur darauf ankam, das zu erkennen, was schon bei den Ganoiden nach dieser hoch specialisirten, aber für allgemeine Fragen unwichtigen Fischabtheilung hinzielt.

Die vorliegende Untersuchung zerfällt dementsprechend in mehrere getrennte Abschnitte. Der erste behandelt die Dipnoer-, der zweite die Selachier-, der dritte die Ganoidenflosse. Diese sind in sich in einen myologischen und neurologischen beschreibenden und einen allgemeinen vergleichenden Abschnitt gesondert. An dieselben schliesst sich ein vierter Abschnitt, welcher die Vergleichung der Fischflosse mit primitiven Formen der pentadactylen Extremität zur Aufgabe hat, und ein zusammenfassendes Schlusscapitel an.

Die Liberalität, mit welcher Herr Prof. SEMON seine Sammlungen allen Mitarbeitern an diesem Werk zur Verfügung stellte, wurde auch mir durch Ueberlassung des Materiales von *Ceratodus* zu Theil. Besondere technische Vortheile gewährten mir seine fertig montirten Serien von Embryonen, welche ich benutzen konnte. Im Uebrigen standen mir die reichen Schätze der ichthyologischen Sammlung der Jenenser Anatomie und des Directors derselben, des Herrn Prof. FÜRBRINGER, sowie meine eigenen Sammlungen zur Verfügung. Durch Tausch gelang es mir, seltenere Ganoiden durch Vermittelung der Herren Prof. KNIPOWITSCH (St. Petersburg) und Museumsdirector Dr. ANTIPA (Bukarest) zu erhalten. Meine Untersuchungen basiren auf der Unterstützung, welche ich allen diesen Herren verdanke; es ist mir ein Bedürfniss, meinem Dankesgefühl hiermit Ausdruck zu geben.

Für die Abfassung der Arbeit war es von grosser Wichtigkeit, durch eine ausreichende Anzahl von Abbildungen der Anschauung zu Hülfe zu kommen und den Text dadurch von allzu weitläufigen und doch schwer verständlichen Beschreibungen nach Möglichkeit befreien zu können. Ich fand in meinem Bestreben

das weitgehendste Entgegenkommen des Herrn Herausgebers und Herrn Verlegers, denen ich für die reiche Ausstattung meiner Arbeit mit Figuren herzlichst danke.

Bei allen meinen Untersuchungen über die Extremitäten befestigte sich immer überzeugender in mir die Erkenntniss von der hohen Bedeutung, welche dem motorischen Nervensystem für die Reconstruction verschwundener Formen auf Grund der existirenden innewohnt. Auch in dieser Arbeit tritt die Uebereinstimmung der Innervationsverhältnisse bei verschiedenen Thieren vielfach zu Tage, wo die Musculatur divergente Bahnen eingeschlagen und selbst das Skeletsystem den alten Typus verloren hat. So bieten die neurologischen Erfahrungen in vielen Fällen eine willkommene Bestätigung, in anderen eine Erweiterung und Ergänzung unserer, auf der Kenntniss des Skelets beruhenden Anschauungen über die Extremitätenphylogenie. Das sind Früchte, die bei der Durchforschung bisher fast unbetretener Untersuchungsgebiete mühelos geerntet wurden. Ich verdanke sie dem steten Hinweis auf die hohe Bedeutung des Nervensystems, welcher mir in Jena während der langjährigen Beschäftigung mit der Gliedmaassenmorphologie zur Seite stand, und einer Arbeitsmethode, welche mit intensiver Bearbeitung des Materials geistige Verwerthung der bekannt gewordenen Thatsachen Schritt für Schritt verbindet. Sie wird mir stets, nah oder fern, ein hohes Vorbild sein.

I. Die Ceratodusflosse.

a) Myologie.

Von den beiden Extremitäten des *Ceratodus* ist bisher nur die hintere einer genauen Untersuchung bezüglich ihrer Musculatur unterzogen worden. Wir verdanken dieselbe v. DAVIDOFF (1883). Der Musculatur der vorderen Extremität dagegen ist nur bei GÜNTHER (1871, p. 533), HUMPHRY (1872 B, p. 284), HASWELL (1883, p. 10) und A. SCHNEIDER (1887, p. 101) mit einigen Worten Erwähnung geschehen. Ich werde infolgedessen den Schwerpunkt meiner Schilderung auf die letztere legen und hoffe dadurch diejenigen Punkte besonders hervorheben zu können, welche mir die charakteristischsten für die Extremitätenmusculatur zu sein scheinen. Denn die Beckenflossen-Musculatur ist, abgesehen von einem fundamentalen Unterschied, derjenigen der Vorderflosse sehr ähnlich. Wenn ich trotz der Priorität, welche die Bauchflosse durch die Beschreibung von v. DAVIDOFF gegenüber der letzteren besitzt, doch mit der Brustflosse beginne, so geschieht es, um bei dieser Gelegenheit neue Unterscheidungen und Bezeichnungen der einzelnen Muskelfasern anzuwenden, welche ich für nothwendig halte, um die Beziehungen zu anderen Thierklassen im weiteren Verlauf dieser Abhandlung deutlich zu machen. Wir wissen, abgesehen von älteren Notizen (z. B. bei MECKEL, 1828, und bei DUMÉRIL, 1865), besonders durch die ausgedehnten Untersuchungen von v. DAVIDOFF (1879—1883), dass die eigentliche Musculatur der freien Extremität bei allen Ichthyopterygiern nur aus 2 Muskeln besteht, welche entgegengesetzte Seiten der Flosse einnehmen, sei es die Ober- und Unter-, sei es die Innen- und Aussenfläche. Ich nenne sie **Musculi pterygiales communes**. Jeder dieser Muskeln setzt sich anstatt aus deutlich gesonderten Muskelschichten aus einer in sich fast ganz zusammenhängenden Masse von Muskelfasern zusammen. Diese sind aber durchaus nicht alle gleichartig in ihrem morphologischen Verhalten. Es scheint mir bei der Schilderung derselben weniger darauf anzukommen, die Verschiedenheiten der einzelnen Muskelfasern durch eine mehr oder minder schematische Zusammenfassung der gleich verlaufenden Fasern in gesonderte Schichten, welche in Wirklichkeit nicht vorhanden sind, hervorzuheben, wie es v. DAVIDOFF gethan hat, sondern die Aufgabe scheint mir vor allem in genauestem Nachweis aller morphologischen Beziehungen zu bestehen, welche die Muskelfasern zu einander und zu ihrer Nachbarschaft bei dem unter-

suchten Thiere besitzen. Werden dabei zunächst die Uebergänge, welche allenthalben zwischen den einzelnen Faserkategorien bestehen, bezüglich ihrer genetischen Wichtigkeit gewürdigt, so kann später im Hinblick auf höhere Thierformen eine Zusammenfassung der topographischen Verhältnisse der Muskelfasern untereinander in Form einer künstlichen Schichteneintheilung gerechtfertigt erscheinen. Um jedoch nichts zu präjudiciren, möchte ich zur Bezeichnung der Muskelfasern solche Ausdrücke vorschlagen, welche nur Ursprung und Insertion derselben anzeigen, und werde im Folgenden diejenigen Muskelfasern, welche vom Extremitätengürtel entspringen und am äusseren Flossenskelet, an den „Hornfäden“, zur Insertion gelangen, als **Musculi zono-keratoidei** bezeichnen und diejenigen gleicher Insertion, aber mit anderem, nämlich am Flossenknorpel befestigtem Ursprung, als **Mm. pterygo-keratoidei**. Alle Muskelfasern, welche am Gliedmaassengürtel entspringen und zum inneren Skelet der freien Flosse verlaufen, heissen: **Mm. zono-pterygiales**, und schliesslich die mit Ursprung und Insertion am inneren Flossenskelet befestigten Fasern: **Mm. pterygiales proprii**.

1. Die Musculatur der Brustflosse.

Bekanntlich sind die paarigen Flossen des *Ceratodus* vertical gestellt, so dass wir eine Aussen- und Innenseite unterscheiden können. In Fig. 1, Taf. XXII, ist die innere, dem Rumpf anliegende Fläche der Brustflosse in ihrem basalen Theile gezeichnet. Von der Fortsetzung der Gliedmaasse in distaler Richtung giebt Fig. 2, Taf. XXI, eine Vorstellung. Letztere hat hauptsächlich den Zweck, genau die Muskelanordnung auf der Aussenfläche der Vorderflosse zu reproduciren, so wie sie nach Entfernung der Haut und der oberflächlichen Fascie zu Tage tritt. Die erstere dieser Figuren zeigt deutlich, dass die beiden Muskelmassen, von denen jede eine Fläche der freien Flosse bedeckt, am basalen Theile der Extremität nicht die Lage beibehalten, welche sie am distalen Theile besitzen. Man sieht, wie der innere Muskel, welcher im unteren Theile der Figur, entsprechend der vertical gestellten Flossenfläche, mit seiner Ausbreitung dem Beschauer zugewendet ist und den äusseren Muskel vollkommen verdeckt, sich so dorsalwärts erhebt, dass er nicht mehr innen vom äusseren Muskel, sondern neben ihm liegt. Sein Ursprung befindet sich am Cleithrum (*Cl'*) dorsal vom Gelenkkopf des Schultergürtels (*G*, Taf. XXII, Fig. 1) und umgreift den ganzen caudalen Rand dieses Knochens. Der äussere Muskel ist dagegen mit seinem Ursprung nicht lateral, sondern ventral am Schultergürtel, nämlich an der Clavicula (*Cl*) längs deren caudalem Rande angeheftet. Man kann also bezüglich des Ursprungs beider Muskeln einen dorsalen und einen ventralen unterscheiden, bezüglich der Ausbreitung einen medialen und lateralen Muskel. Ich möchte deshalb den rechts gelegenen Muskel der Fig. 1, Taf. XXII, als **dorso-medialen**, den links gelegenen als **ventro-lateralen** bezeichnen.

a) Specielle Anordnung der Muskeln.

Ueber Verlauf, Ursprung und Insertion der einzelnen Bündel beider *Mm. pterygiales communes* giebt Taf. XXI (Fig. 2—11) Auskunft. Die Abbildungen sind zwar lediglich dem ventro-lateralen Muskel einer rechten Vorderflosse entnommen. Sie können aber ebenso gut als Illustration des dorso-medialen Muskels derselben Flosse gelten; denn der Faserverlauf in diesem Muskel weicht nirgends erheblich von dem seines Gegenübers ab.

Fig. 2 stellt den ganzen Muskel in einer Ansicht dar, welche man beim Anblick von unten und aussen erhält. Entsprechend der Gliederung des Skelets der Flosse, an welche ein Blick auf die blau gezeichneten Contouren der Fig. 2, Taf. XXIII, erinnern mag, sieht man den Muskel stiel förmig am Schultergürtel beginnen und sich in eine Platte distalwärts ausbreiten. Man übersieht bei dieser Stellung die Aus-

breitung der Platte selbst völlig und von der stielförmigen Ursprungspartie den grössten Theil. Die verdeckten Fasern der letzteren, welche sich an den rechten Rand des Bildes anschliessen, sind in Fig. 3 dargestellt. Es ist dasselbe Stück, welches man auch in Fig. 1, Taf. XXII, links abgebildet findet.

Der Contour der Muskelplatte ist, soweit sie sich distalwärts erstreckt, ähnlich dem der Flosse überhaupt. Der von A. SCHNEIDER (1886, 1887) zuerst hervorgehobene Unterschied zwischen dorsalem und ventralem Rand macht sich an der Begrenzung der Muskelschicht ebenfalls geltend. Am ventralen Contour äussert sich die distale sichelförmige Einbuchtung der Flossenplatte in einer bogenförmigen Abrundung des Insertionsrandes der Muskelplatte; denn diese endet etwa in der Tiefe der genannten Ausbuchtung. Der dorsale Rand von Flosse und Muskel verläuft dagegen mehr gerade. Die Stelle, an welcher der Muskel distal endet, ist makroskopisch schwer genau zu bestimmen, da die Muskelfasern immer zarter werden und schliesslich bei auffallendem Lichte selbst mit starken Vergrösserungen kaum mehr unterschieden werden können. Ich konnte denselben nur etwa bis zum 12. Glied des Hauptstrahles verfolgen (Fig. 2, Taf. XXIII), während A. SCHNEIDER ihn auf seiner Fig. 1, Taf. XI (1887), viel weiter distalwärts verlaufen lässt (bis etwa zum 19. Glied).

Inscriptiones tendineae.

Die sehnigen Inscriptionen, welche an der Oberfläche des Muskels zu sehen sind, bieten an der Brustflosse manche Eigenthümlichkeiten, welche wenig mit dem mehr schematischen Bild SCHNEIDER'S (s. o.), dem einzigen, welches existirt, übereinstimmen. Die erste, wenn man in proximo-distaler Richtung zählt, läuft nicht continuirlich quer über den Muskel hinüber, sondern besteht aus zwei Theilen (Fig. 2, Taf. XXI). Der dorsale, kleinere Theil der Inscriptio wird gegen die Flossenmitte zu allmählich undeutlicher. Schon vor dem völligen Verschwinden beginnt weiter distal der ventrale, grössere Theil, so dass einige Muskelfasern in kurzer Entfernung von einander 2 Inscriptionen besitzen. Das dorsale Myocomma erreicht den Flossenrand seiner Seite, das ventrale endet aber eine Strecke vor dem ventro-medialen Rande, wie aus Taf. XXI, Fig. 3, und Taf. XXII, Fig. 1 zu ersehen ist.

Die zweite Inscriptio gabelt sich an ihrem dorsalen Theile (Taf. XXI, Fig. 2). Beide Schenkel beginnen an einer sich deutlich abhebenden Linie, welche auch das dorsale Ende des distalen Theiles der ersten Inscriptio berührt und genauer weiter unten untersucht werden soll. Sie vereinigen sich erst nach einer ziemlich beträchtlichen Strecke getrennten Verlaufes, so dass eine grosse Anzahl von Muskelfasern an zwei Stellen von verschiedenen Theilen desselben Myocomma mit Zwischensehnen versehen sind. Das ventrale Ende der Inscriptio erreicht wie bei der ersten den ventralen Flossenrand nicht, zeigt aber eine besondere Krümmung in distalwärts offenem Bogen und endet mit einer rechtwinkligen Abknickung.

Die folgenden Sehnenstreifen können mit dem zweiten abzüglich dessen proximalem Schenkel verglichen werden. Sie verlaufen in distalwärts offenem Bogen über den mittleren Theil der Flosse hin und nehmen von Glied zu Glied an Länge ab. Sie werden dadurch immer undeutlicher. Schon die achte Inscriptio ist kaum mehr wahrzunehmen und in der Figur, entsprechend deren Grössenverhältniss, nicht mehr zu sehen. Auch hier unterscheidet sich meine Figur von derjenigen, welche SCHNEIDER gegeben hat (s. o.). Denn dort kann man deutlich 18 Inscriptionen zählen. Wenn auch die von mir in Fig. 2, Taf. XXI, abgebildete Flosse ein wenig kleiner als diejenige des SCHNEIDER'Schen Exemplares ist, so fand ich doch auch bei grösseren mir zur Verfügung stehenden Thieren der SEMON'Schen Sammlung stets, dass die feinen Querstreifen im distalen Theile der Flosse, wie ich sie auch in meiner Figur wiederzugeben versucht habe, nicht Myocommata sind und sein können. Denn so ausgebreitete Muskelschichten sind hier nicht mehr vorhanden. Die Querlinien entpuppen sich vielmehr als die Grenzen der Querglieder des knorpeligen Hauptstrahles, welche durch die bindegewebige Fascie hindurchschimmern. Ich glaube deshalb, dass so zahlreiche Inscriptionen, wie sie SCHNEIDER abgebildet hat, bei Thieren der betreffenden Grösse nicht vorhanden sind.

Die innere Structur des Muskels zeigt bezüglich der Myocommata Verschiedenheiten. Dieselben verlaufen von der Oberfläche zur Unterfläche des Muskels in beträchtlicher Schrägstellung, so dass diejenigen, welche den Knorpel erreichen, an dieser Stelle viel mehr dem Schultergürtel genähert sind als mit ihrer oberflächlichen Partie. Man sieht dies in den Figg. 4, 5 und 9 der Taf. XXI, in welchen an verschiedenen Stellen Querschnitte durch Inscriptionen dargestellt und diese zugleich mit dem oberflächlichen Verlauf der Inscriptionen durch passende Lagerung der an die Zwischensehnen angehefteten Muskeln zu sehen sind. Durch die Schrägstellung der Myocommata erklärt es sich, dass sich die Oberflächen derselben häufig auf die Grenzlinien zwischen je 2 Quergliedern des Hauptstrahles des Flossenskelets projiciren lassen oder dass sie sich sogar über das oder die distalwärts folgenden Querglieder hinüberschieben (Fig. 4 und 9). Letzteres ist besonders an den seitlichen Endtheilen der Inscriptionen der Fall. Immer jedoch behalten die an der Innenfläche des Muskels sichtbaren Grenzen der Myocommata ihr regelmässiges, von Glied zu Glied sich gleich bleibendes Aussehen. Dieses ist besonders klar in Fig. 1, Taf. XXIII, zur Anschauung gebracht, in welcher die dem Skelet zugewendete, also innere Fläche des Muskels gezeichnet und das Lageverhältniss zum Skelet durch Eintragung der Grenzen aller Knorpelstücke mittelst blauer Contourlinien angedeutet ist. Man muss sich, um die Figur verstehen zu können, den Knorpel durchsichtig vorstellen, so dass man durch ihn hindurch die Flossenmusculatur und ihre Ursprünge am Skelet erkennen kann. (Ueber die Herstellung solcher Präparate berichte ich bei der Beschreibung der Nerven, p. 160.) Es entspricht jedem Querglied des Skelets je eine Zwischensehne, welche meist näher dem distalen Rande des Gliedes, in den distalen Theilen der Flosse aber ungefähr in der Mitte desselben liegt. Die seitlichen Theile der Inscriptionen setzen sich auf die Seitenradien des knorpeligen Hauptstrahles fort, und zwar im Allgemeinen derart, dass sie in die Längsrichtung eines Seitenstrahles einbiegen, wie es der gekrümmten, im distalwärts offenen Bogen verlaufenden Anordnung der Zwischensehnen entspricht.

Es zeigt sich beim Vergleich der Aussen- und Innenfläche des Muskels und bei der Präparation der Inscriptionen im Inneren desselben, dass verschiedene Myocommata am Knorpel beginnen und in den Muskel zwar eindringen, aber nicht seine Oberfläche erreichen. Das ist z. B. bei den distalsten Zwischensehnen der Fall, da man jenseits der 8. von innen noch 3 weitere, die letzte freilich nur sehr unbestimmt, wahrnehmen kann, welche von aussen nicht zu sehen sind. Andererseits kommt es auch vor, dass ein Theil einer Inscription an der Oberfläche beginnt, eine Strecke weit in den Muskel eindringt, ohne jedoch die Unterfläche zu erreichen. Man kann dies namentlich bei dem proximalen Schenkel der gespaltenen 2. Zwischensehne sehen (er fehlt in Taf. XXIII, Fig. 1). Ferner dringen die rechtwinklig abgebogenen ventralen Enden der Inscriptionen (Taf. XXI, Fig. 2) nicht bis zum Knorpel durch. Auch die dorsalen Enden sind nicht so weit distalwärts auf der Unterseite zu verfolgen wie auf der Oberseite.

Muskelfaserkategorien.

Die Muskelfasern, welche vom Schultergürtel entspringen, sind zum Theil *Mm. zono-keratoidei*, zum Theil *Mm. zono-pterygiales*. Erstere verlaufen oberflächlicher als die letzteren und kommen nicht in directer Berührung mit dem Knorpel des Flossenskelets. Sie erreichen sämmtliche am proximalen Theile des ventralen und dorsalen Flossenrandes gelegenen Hornfäden, um mit ihnen in Verbindung zu treten. Fig. 6, Taf. XXI, zeigt z. B. die Insertion von Fasern des nach rechts umgeklappten Muskelbündels *a* an Hornfäden des ventralen Flossenrandes; Fig. 10 derselben Tafel stellt ähnliche Bündel (Fasern von *a*) dar, die an dorsalen Hornfäden inseriren. Die Hornfäden der Flossenspitze entbehren, entsprechend der relativen Kürze des *M. pteryg. communis*, einer directen Verbindung mit Muskelfasern (Taf. XXI, Fig. 2).

Sämmtliche Mm. zono-keratoidei sind von einer oder mehreren Inscriptionen durchschnitten. Es erhebt sich deshalb die Frage, ob diese am Knorpel befestigt sind oder nicht? Im letzteren Falle würden die Zwischensehnen die Bedeutung haben, eine Sonderung der Muskelfasern in selbständig, aber im Uebrigen gleichartig functionirende Theile herbeizuführen. Im ersteren Falle jedoch würde ausser der Selbständigkeit der einzelnen Theile auch eine Verschiedenartigkeit ihrer Wirkung auf die Flosse je nach der Stelle eintreten, an welcher die Befestigung an dem Flossenskelet stattfindet. v. DAVIDOFF hat sich für die Bauchflosse mit Entschiedenheit gegen einen Zusammenhang zwischen Inscriptionen und Knorpelskelet ausgesprochen (1884, p. 131, 132), und durch SEMON (1898, p. 95) sind seine Ausführungen in dieses Werk übernommen worden. Doch finde ich die Verhältnisse wesentlich anders. Die Zwischensehnen gehen nicht nur in das Perichondrium des Knorpels über, sondern die Befestigung an letzterem wird an vielen Stellen auch noch durch besondere Muskelfasern verstärkt, welche am Knorpel inseriren oder von ihm entspringen (Taf. XXI, Fig. 5, 8, 9). Von diesen wird weiter unten noch genauer die Rede sein.

Diejenigen Mm. zono-keratoidei, welche am Beginn des dorsalen Flossensaumes liegen, setzen sich gegen eine andere Gruppe derselben Fasern ab, welche mehr dem Hauptstrahl des Skelets folgen (Fig. 2, Taf. XXI). Letztere liegen über den ersteren. Ihr freier, dorsaler Rand markirt sich als eine scharfe Linie, von welcher oben die Rede war (p. 144) und welche bereits A. SCHNEIDER gesehen hat (1887, Taf. XI, Fig. 1). Dieselbe bildet anfänglich die Grenze gegen tiefer liegende Mm. zono-pterygiales und weiter distal gegen die erwähnten Mm. zono-keratoidei. Gegen die Spitze der Flosse hin verschwindet diese Grenze; die Anordnung der Muskelfasern ist dort gleichmässig fächerförmig. Die dorsale Randmusculatur besitzt somit in den basalen Theilen eine gewisse Selbständigkeit gegenüber der axialen Muskelmasse.

Die Mm. zono-keratoidei, welche am Beginn des ventralen Flossensaumes liegen, sind von den rechtwinklig abgknickten Partien der Inscriptionen ab distalwärts zu breiten Zügen vereinigt, welche von je einer Inscription schräg zu weiter distalwärts liegenden Hornfäden hinziehen und sich einigermaassen gegen einander abgrenzen lassen (Taf. XXI, Fig. 2). Es könnte so scheinen, als ob diese Muskelbündel in ihrer Breite und in ihrem Verlauf den Seitenstrahlen des Knorpelskelets entsprächen. Es sei deshalb besonders betont, dass dies nicht der Fall ist. Es geht dies schon daraus hervor, dass dem 2. und 3. Gliede des Hauptstrahles mindestens 2 ventrale Seitenstrahlen ansitzen (Taf. XXIII, Fig. 2), dass aber z. B. an der 2. Inscriptio tendinea nur ein derartiges Bündel beginnt (Taf. XXI, Fig. 2).

Die Mm. zono-pterygiales liegen im Allgemeinen unter den Mm. zono-keratoidei. Nur diejenigen ventralen Randmuskeln, welche am 1. Glied des Hauptstrahles inseriren, sind in der Ansicht von der medialen Seite her an der Oberfläche zu sehen (Taf. XXI, Fig. 3). Ausserdem sieht man am Beginn des dorsalen Flossenrandes proximal vom Beginn der Hornfäden und lateral von der Abschlusslinie der in der Richtung des Hauptstrahles verlaufenden Muskelfasern eine Reihe von Mm. zono-pterygiales frei vorliegen (Taf. XXI, Fig. 2). Diese heften sich am dorsalen Rande des 1. und 2. Gliedes des Hauptstrahles und an der dorsalen Kante des distal folgenden Knorpels an, welcher das Basalsegment des 1. dorsalen Seitenstrahles bildet (Taf. XXI, Fig. 11). Die drei Insertionspunkte sind auf Taf. XXIII, Fig. 1 mit *x* bezeichnet.

Die übrigen Mm. zono-pterygiales werden erst sichtbar, wenn man die oberflächlichen Mm. zono-keratoidei ganz abträgt oder zur Seite zieht. Am ersten Glied des Hauptstrahles sind ausser den in Fig. 3 abgebildeten, am ventralen Rande desselben befestigten Muskeln namentlich zahlreiche Fasern dort angeheftet, wo sich der kegelförmige Fortsatz desselben erhebt (Taf. XXI, Fig. 4 *Proc.*). SCHNEIDER hat bereits darauf hingewiesen, dass dieser Fortsatz bei der Brustflosse im ventralen Abschnitt des 1. Gliedes liegt (1886, p. 521). Von ihm aus zieht sich eine Insertionslinie schräg proximalwärts bis zum dorsalen

Rande des 1. Gliedes hin (Fig. 10), wo sie an dem Vorsprung endet, an welchem die oberflächlich liegenden Mm. zono-ptyrgiales inseriren und die 1. Inscriptio mit ihrem proximalen Stück beginnt (Fig. 11 u. 2).

Beim zweiten Glied des Hauptstrahles bietet theils die Hauptknorpelplatte, theils die an ihr befestigten dorsalen und ventralen Seitenstrahlen Insertionsflächen für Mm. zono-ptyrgiales (Taf. XXIII, Fig. 1; die Befestigungsstellen am Knorpel sind in der Figur durch rothe Tüpfel angegeben). An der Hauptplatte ist der ventrale und dorsale Rand bevorzugt. An ersteren sind Muskelfasern an einer Stelle angeheftet, welche ein wenig über die übrige Fläche des Knorpels dort prominirt, wo der 3. und 4. ventrale Seitenstrahl ans 2. Axenglied sich ansetzt. Man sieht die Insertion der Muskelfasern an diesem Processus (*Proc.*) in den Figg. 5 und 6 (Taf. XXI), in welchen die oberflächlichen Fasern theils abgeschnitten, theils zur Seite gezogen sind. In der Mitte des 2. Gliedes sind keine zono-ptyrgialen Fasern vorhanden. Die Inscriptio der Mm. zono-keratoidei sind vielmehr direct an den Knorpel befestigt, ohne dass Muskelfasern von diesen abgingen (Fig. 4). Am dorsalen Rande der Knorpelplatte finden sich dann wieder Insertionen, welche zu den oberflächlich liegenden Bündeln der Mm. zono-ptyrgiales gehören (s. p. 146).

Von den Seitenstrahlen des 2. Axengliedes betrachten wir zuerst die ventralen. Dass diese nicht alle unmittelbar an der Hauptplatte des 1. Gliedes angeheftet sind, war schon GÜNTHER bekannt (1871, Taf. XXX und Textfigur p. 532). Ich zähle bei den Exemplaren, welchen Fig. 2, Taf. XXI, und Fig. 1, Taf. XXIII, entnommen sind, fünf ventrale Seitenstrahlen dieses Gliedes. HUXLEY (1876, p. 49) und A. SCHNEIDER (1887, Taf. XI, Fig. 2) fanden ebenso viele Radien an dieser Stelle. Die Zahl derselben, wie der Seitenstrahlen überhaupt, ist nicht ganz constant, wie aus dem Vergleich der Abbildungen des Skelets hervorgeht, welche in der Literatur vorliegen, und wie von SEMON (1898, p. 86) besonders hervorgehoben worden ist. Ich gehe auf diesen Punkt hier nicht weiter ein¹⁾.

Von den 5 Strahlen meiner Exemplare articuliren nur die 3 inneren am Hauptstrahl; die beiden äusseren stehen nur indirect, durch Vermittelung des 3., mit demselben in Zusammenhang (Taf. XXIII, Fig. 1).

Die zono-ptyrgialen Muskeln inseriren an sämmtlichen 5 Knorpeln. Den Ansatz am 1. zeigt Taf. XXI, Fig. 7, den am 3. und 4. Seitenstrahl Fig. 6. In beiden sind die oberflächlichen zono-keratoidalen Muskeln bei Seite gezogen. Man sieht in Fig. 6, dass sich nur an den proximalen Knorpelstücken der Seitenstrahlen Ansätze finden. Vergleicht man Fig. 6, Taf. XXI, mit Fig. 1, Taf. XXIII, in welcher die Ursprungs- und Insertionspunkte von Muskelfasern durch rothe Tüpfel angegeben sind, so sieht man, dass in beiden die Insertionen nur an denjenigen Knorpeln vorhanden sind, auf welchen keine Hornfäden liegen, dass dagegen die distalen, mit Hornfäden ganz oder auch nur theilweise bedeckten Knorpelstücke frei von solchen sind. Die Anzahl der Knorpelstücke, welche den Muskeln bei jedem Seitenstrahl Insertionspunkte bieten, ist verschieden, entsprechend der Variabilität des Skelets (z. B. beim 3. Strahl in Fig. 6, Taf. XXI, 2 Knorpelstücke, in Fig. 1, Taf. XXIII, deren 3), und offenbar unwichtig. Die Richtung der Muskelfasern entspricht nicht genau der der Knorpelstrahlen, an denen sie sich ansetzen. Das ist noch deutlicher an den ventralen Seitenstrahlen des folgenden Gliedes, für welches ich in Fig. 5, Taf. XXI, eine Abbildung dieses Verhaltens gebe. Die Fasern mögen hier schon besprochen werden, weil sie bis kurz vor ihrer Insertion auf dem 4. und 5. Seitenstrahl liegen und dann erst auf den 6. Strahl, den ersten zum 3. Axenglied gehörigen, übertreten, um sich an ihn anzuheften. Man sieht deutlich, dass sie schräg über drei Seitenstrahlen hinwegziehen. Bei den Mm. zono-ptyrgiales, welche auf dem 1., 2. und 3. ventralen Seitenstrahl liegen, ist die schräge Lage um so weniger ausgeprägt, je mehr man sich dem 1. Seitenstrahl nähert (bei dem von einem derartigen Verhalten nicht gesprochen werden kann, da nur einige Muskelfasern auf seiner Fläche, die übrigen alle an seinem proximalen Rande inseriren, Fig. 7,

1) Vergl. Cap. IV dieser Abhandlung, wo die Einrichtungen am Skelet näher besprochen werden sollen.

Taf. XXI). Doch fand ich nirgends genaue Uebereinstimmung des Muskelverlaufes mit der Richtung der ventralen Seitenstrahlen.

Die Mm. zono-pterygiales, welche an dem einzigen dorsalen Seitenstrahle des 2. Axengliedes inseriren, verlaufen in der Richtung desselben. Entsprechend der Breite und Stärke dieses Strahles sind die an ihm angehefteten Muskelfasern zahlreich gegenüber denjenigen der ventralen Seitenstrahlen. Auch wird die Regel eingehalten, dass die Insertionen nicht weiter als bis zu den Hornfäden reichen und dass in Folge dessen an den distalsten Knorpelstücken des Seitenstrahles keine vorhanden sind (Taf. XXIII, Fig. 1). Man sieht in Fig. 10, Taf. XXI, die Insertionen der Muskelfasern bei den Bündeln *a* und *b* genau eingezeichnet. Dieselben heften sich gruppenweise an den Knorpel an. Es besteht dabei an den einzelnen Gliedern des Seitenstrahles keine Uebereinstimmung in der Oertlichkeit der Anheftungsstellen.

Die auf das 2. Glied folgenden distalen Glieder des Hauptstrahles und deren Nebenstrahlen haben in den für die Mm. zono-pterygiales bestimmten Insertionspunkten so viel Gemeinsames, dass ich sie zusammen besprechen kann. Die an den proximalen Gliedern des Hauptstrahles (I und II) vorhandenen Insertionen sind hier verschwunden. Es giebt nur an den Seitenstrahlen inserirende Mm. zono-pterygiales. Dieselben sind in Fig. 1, Taf. XXIII, durch Punktirung angegeben. Man sieht, dass sie wesentlich an den Rändern der Knorpelstrahlen liegen, und zwar an den ventralen mehr am proximalen, an den dorsalen mehr am distalen Rande. Je weiter man gegen die Flossenspitze hin fortschreitet, um so weniger weit erstrecken sich die Insertionen an den Seitenstrahlen distalwärts. Schon an denjenigen des 5. Axengliedes finden sie sich beiderseits nur noch am 1. Knorpel der Seitenstrahlen. An den Seitenstrahlen des 10. und 11. Gliedes sind keine Muskeln mehr angeheftet. Es reichen also die Mm. zono-pterygiales nicht so weit terminalwärts wie die Mm. zono-keratoidei.

Die Anheftung an einen der distal gelegenen ventralen Seitenstrahlen zeigt Fig. 4, Taf. XXI. In dieser weicht der Längsschnitt, welcher gemacht wurde, um die Inscriptionen durch den Muskel hindurch zu verfolgen, distalwärts vom Hauptstrahl ab und folgt dem ventralen Seitenstrahl des 4. Axengliedes (*S. Str.*). Man sieht, dass sich an diesen Muskelfasern festsetzen, während an den Gliedern des Hauptstrahles nur die Zwischensehnen befestigt sind.

Musculi pterygo-keratoidei sind an der *Ceratodus*-Brustflosse nur spurweise vorhanden. An dem ganzen Hauptstrahl und den proximalen Seitenstrahlen suchte ich vergeblich nach solchen. Nur an distalen Seitenstrahlen fand ich einige Muskelfäserchen, welche am Knorpel in der Nähe der Hornfäden entspringen, sich mit den Mm. zono-keratoidei vereinigen und mit ihnen an den Hornfäden befestigen. Man kann sie in Fig. 4, Taf. XXI, am Seitenstrahl des 4. Axengliedes (*S. Str.*) eben erkennen.

Ausgeprägter sind die Mm. pterygiales proprii. Dadurch, dass die Zwischensehnen aller längeren Muskeln der *Ceratodus*-Flosse am Knorpel befestigt sind, ist eine Wirkung von Knorpel zu Knorpel möglich. Für die Function der Muskeln kommen also gewiss die einzelnen Abtheilungen der Mm. zono-keratoidei et -pterygiales als Beweger der einzelnen Knorpel gegen einander in Frage. Ohne Beobachtungen am lebenden Thier könnte man es jedoch als zweifelhaft betrachten, ob die einzelnen Abtheilungen dieser Muskeln gesonderte Contractionen ausführen. Es ist deshalb von Wichtigkeit, dass kurze Muskelfasern existiren, welche nicht zu den erwähnten Muskeln gehören, vom Knorpel entspringen und an ihm inseriren, also keine andere Function haben können als diejenige, einzelne Stücke des Flossenskelets für sich zu bewegen. Deshalb lege ich den Mm. pterygiales proprii besonderes Gewicht bei.

Im Einzelnen hat man oft Schwierigkeiten, zu bestimmen, ob man es mit Theilen der langen, am Schultergürtel entspringenden Muskeln zu thun hat oder mit Fasern der hier zu besprechenden Muskeln. Am deutlichsten sind sie gesondert in den proximalen Theilen der Flosse. Am 1. Axenglied ent-

springen überall da, wo zono-pterygiale Fasern inseriren, andere, welche zum 2. Axenglied verlaufen, um an ihm Anheftung zu finden. Die Insertionspunkte liegen bei letzterem auf der dorsalen Partie der Mittelplatte und erstrecken sich von hier auf die Basalglieder des ersten dorsalen Seitenstrahles. Insertionen der letzteren Art sieht man in Fig. 10, Taf. XXI, dargestellt und mit *e* bezeichnet. Die vom 1. zum 2. Axenglied verlaufenden Fasern sind in der Figur zum Theil entfernt, zum Theil durch darüber liegende Muskeln verdeckt. Doch sieht man die an der dorsalen Flossenkante befindlichen sehr deutlich in Fig. 11 ausgeprägt.

Vom zweiten Axenglied ab distalwärts sind am Hauptstrahl dorsal von der Mitte Muskelfasern zu sehen, welche deutlich vom Knorpel entspringen (Fig. 8 und 9, Taf. XXI), aber zu der nächstfolgenden Inscriptio verlaufen. Man könnte sie also zum *M. pterygo-keratoideus* rechnen. Doch sieht man hier und da kleine Zwischensehnen ausgebildet, an welchen sich diese Fasern und einige dem *M. zono-keratoideus* angehörige anheften und welche zur Befestigungsstelle einer Inscriptio tendinea, also zum Knorpel verlaufen (Fig. 9 bei *D*). Aus solchen Bildern kann man entnehmen, dass eine Zugwirkung der fraglichen Muskeln auf den Anheftungspunkt der Sehne, also von Knorpel zu Knorpel stattfindet.

Ventral von der Mittellinie des Hauptstrahles finden sich *Mm. pterygiales proprii* von dem auf das 2. Axenglied folgenden Knorpel an nicht mehr. Ebensowenig sehe ich solche an den Seitenstrahlen der betreffenden Axenglieder.

Gestützt auf diese Schilderung der Musculatur der Flosse, welche sich, soweit nicht anders angegeben, besonders auf Bilder vom ventro-lateralen Muskel bezieht, aber bei der fast völlig übereinstimmenden Structur beider *Mm. pterygiales communes* auch für den dorso-medialen Flossenmuskel in allen wesentlichen Punkten stimmt, möchte ich die Bewegungsmöglichkeiten zusammenstellen, welche für die Flosse gemäss der Muskelanordnung existiren.

β) Wirkung der Muskeln.

Wirkung auf die Hornfäden.

Betrachten wir zunächst die Wirkung derjenigen Muskeln, welche an den Hornfäden befestigt sind, so ist zu bemerken, dass diese Elemente des äusseren Skeletsystems bei allen Ichthyopterygiern (GEGENBAUR, 1865, p. 139) nicht im Zusammenhang mit dem inneren Skelet, dem Knorpel, stehen. Die proximalen Enden dieser Hornfäden liegen eine ziemlich beträchtliche Strecke lang auf den knorpeligen Seitenstrahlen (Fig. 1¹), Taf. XXIII), so dass also jeder Seitenstrahl mit seinem distalen Ende zwischen zwei Platten dicht neben einander liegender Hornfäden hineinragt. Die Muskeln umfassen mit ihren Endsehnen den Anfang der Hornfäden. Contrahiren sie sich, so müssen sie die Elemente des äusseren Skelets in die Richtung auf ihre Ursprungspunkte hin, sei es auf den Schultergürtel, sei es auf die Seitenradialen des Hauptstrahles hin zu verlagern suchen. Es zieht dabei jedes an einem Hornfaden angeheftete Muskelbündel nach Art eines Seiles, mit welchem irgend ein Gegenstand geschleppt wird, an ihm. Denn die Richtung der Muskelfasern stimmt ungefähr mit derjenigen der Hornfäden überein (Taf. XXI, Fig. 2). Eine Hebelwirkung könnte höchstens an den proximo-ventral liegenden Hornfäden in Betracht kommen, da hier eine ziemlich stark ausgeprägte Winkelstellung zwischen ziehenden und gezogenen Elementen auftritt. Doch gehören gerade diese Hornfäden zu den schwächsten und jedenfalls functionsuntüchtigsten Gebilden ihrer Art. Ausserdem hängen sie durch straffes Bindegewebe so fest mit ihren Nachbarn zusammen, dass durch diese eine Winkelbewegung in der Richtung auf die Flossenspitze hin wahrscheinlich verhindert wird. Ueberhaupt muss man sich in Folge des innigen Zusammenhanges der Hornfäden, welcher durch Bindegewebe und durch die Befestigungen in der Haut hergestellt wird, die Bewegung derselben mehr als eine

1) Die Figur zeigt nur die Anfänge der Hornfäden. Man ergänze dieselben nach Taf. XXI, Fig. 2.

gemeinsame, flächenhafte vorstellen (selbst wenn nur wenige Muskelfasern sich contrahiren), nach Art der einzelnen Phasen der Wellenbewegung, welche MAREY (1893) bei Rochenflossen beobachtet hat, und nicht als eine gesonderte Action der einzelnen Theile des äusseren Skelets.

Die Zugwirkungen der Hornfädenmuskeln auf das äussere Skelet werden deshalb Biegungen der Flossenfläche zur Folge haben müssen. Je nach der Zahl der Muskelfasern, welche gleichzeitig zur Contraction gelangen, biegen sich grössere oder geringere Theile der Flossenfläche ein. Denkt man sich alle Fasern in Contraction, so kann man die Gestalt, welche die Flossenfläche annehmen muss, mit der Form vergleichen, welche die menschliche Hand annimmt, wenn man mit ihr Wasser zu schöpfen versucht. Das knorpelige Skelet spielt bei diesen Bewegungen nur eine passive Rolle, indem es der Flosse im Wesentlichen inneren Halt verleiht, ohne sie starr zu machen, und auch im geringen Grade Muskeln Ursprungspunkte gewährt, welche die Action mit hervorbringen (*Mm. pterygo-keratoidei*). Man muss dabei im Auge behalten, dass die Gelenke, wie SEMON (1898, 1899) gezeigt hat, mit Ausnahme der beiden vordersten, „Vollgelenke“ sind, d. h. nur eine geringe Beweglichkeit der Theile, welche sie verbinden, gestatten.

Von grosser Wichtigkeit sind bei der Art dieser Bewegung die Befestigungen der Muskeln am Knorpelskelet durch die Zwischensehnen. Denkt man sich diese fort, so würden einmal die Hornfädenmuskeln sehr lange Fasern besitzen, die wir als langsame Muskeln kennen, während der Fisch so in ihnen Systeme von kurzen Muskeln zur Verfügung hat, die Schnelligkeit mit Kraft der Wirkung verbinden. Bei jeder kräftigeren Zugwirkung würden die Muskeln, wenn sie mit dem Flossenknorpel nicht in Zusammenhang ständen, versuchen, die Hornfäden in gerader Linie gegen den Schultergürtel zu bewegen (*b, d* Textfigur 1). Dabei hätten sie den Widerstand des Knorpels zu überwinden, welcher ungefähr in derselben Richtung liegt, und müssten diesen durchbiegen, wie dies die Textfigur 1 zu veranschaulichen sucht. Da sie jedoch mit dem Knorpel in Verbindung stehen, so ist einmal, wie dasselbe Schema zeigt, die Form der gebogenen Flosse eine viel günstigere für die Ruderbewegung, da erst durch die Zwischensehnen der Zustand hervorgerufen wird, welchen ich oben mit der zum Schöpfen bereiten Menschenhand verglich. Wie wichtig gebogene Formen für die Ruderwerkzeuge sind, kann man an der Stellung der eigenen Hand beim Schwimmen ermessen und an der Gestalt erkennen, welche vielfach die Schiffer ihren Rudern zu geben pflegen. Es gilt dies natürlich auch für den Fall, dass der Effect der Flossenbewegung in der Steuerung des Thieres besteht, wie es den Anschein hat. Denn diese Steuerung wird durch eine Ruderbewegung der einzelnen Flosse wenn nicht ausschliesslich bewirkt, so doch wesentlich gefördert werden.

Andererseits würden die Hornfäden Gefahr laufen, von den Knorpelstäben des inneren Skelets mit ihren proximalen Enden abgehoben zu werden, wenn die Zwischensehnen nicht am Knorpel befestigt wären und wenn die Contraction erfolgte, wie es durch die mit *b* bezeichneten Contouren der Textfigur 1 angedeutet wird. Wie wichtig dieser Punkt ist, geht auch daraus hervor, dass an den seitlichen Rändern der Flossen, an welchen die *Inscriptiones tendineae* aufhören, andere Mechanismen auftreten, welche ein Abweichen der Musculatur vom Knorpel verhindern und dadurch die Hornfäden vor einer Lostrennung von diesem schützen. Es sind das die *Mm. zono-ptyrgiales*, welche sich an diesen Stellen am Knorpel befestigen und bis an diejenigen Glieder heranreichen, welche von den Hornfäden bedeckt sind. Ihre Wirkung ist nach Textfigur 3 (Fasern zu 1, 2 und 3) eine ganz ähnliche wie diejenige, welche durch Vermittelung der *Inscriptiones* erfolgt.

Wirkung auf den Knorpel.

Es knüpft sich hieran die Analyse der Bewegungsmöglichkeiten an, welche den übrigen am Knorpel inserirenden Muskelfasern auf Grund des morphologischen Befundes zuzuschreiben sind. Es kommt da zunächst die specielle Wirkung der *Inscriptiones tendineae* auf den Knorpel in Frage. Dass eine

solche bestehen muss, ist nach der Art der Anheftung und der verstärkenden Wirkung direct am Knorpel inserirender Muskelfasern sicher. Doch hängt die specielle Form der Bewegung, welche dem Knorpelskelet durch Zug an den Zwischensehnen ertheilt wird, von der Form der Inscriptionen und der Lage ihrer Anheftungslinie am Skelet ab. Ich habe beides in Textfigur 2 durch breite, schwarze Linien angegeben, indem ich mit Benutzung der Zeichnungen auf Taf. XXI und XXIII halbschematisch die Zwischensehnen, so wie sie sich in ihrer vollen Entfaltung (meistens im Oberflächenbild) präsentiren, auf ihre natürliche Anheftungsstelle am Skelet übertrug. Man sieht, dass die Inscriptionen so zum Skelet orientirt sind, dass durch Zug an denselben im distalen Theile der Flosse immer ein Glied des Hauptstrahles mit seinen dorsalen und ventralen Seitenstrahlen als ein Ganzes gegen das vorhergehende und folgende bewegt werden muss. Die beweglichen Verbindungen zwischen je einem Axenglied und den zugehörigen Seitenstrahlen haben die Form eines Charniergelenkes von folgender Gestalt $\diagup \diagdown$ (vergl. die gestrichelte Linie *a* in Textfigur 2), natürlich mit dem wichtigen Unterschied, dass letztere bei höheren Thieren Diarthrosen, erstere Synarthrosen sind, wie wir durch SEMON (1898, 1899) wissen. In Folge dessen kann die Excursion der Bewegungen, welche durch den Zug an den Zwischensehnen erzeugt werden, keine sehr grosse sein.

Fig. 1.

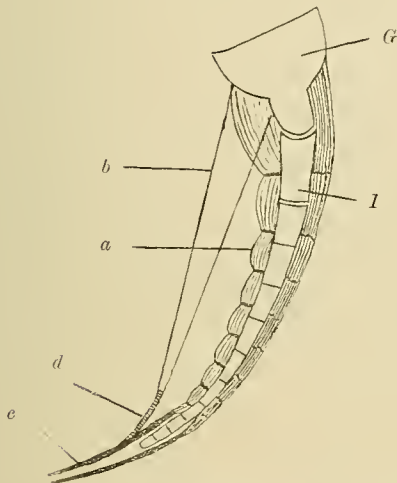


Fig. 2.

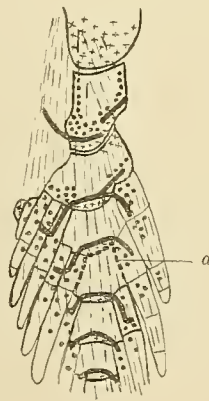


Fig. 3.

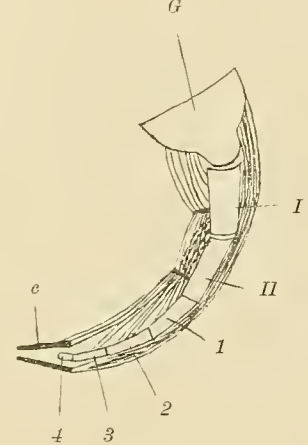


Fig. 1. Längsschnitt durch den Axenstrahl der *Ceratodus*-Flosse. *G* Extremitätengürtel (quer getroffen), *I* Basalglied des Axenstrahles (1. Mesomer), *a* Musculatur bei flectirter Flosse, *e* Hornfäden bei flectirter Flosse, *b* Lage der Musculatur bei mangelnder Befestigung derselben am Axenstrahl, *d* Lage der Hornfäden in diesem Falle.

Fig. 2. Ursprünge von Muskelfasern am Knorpel der *Ceratodus*-Flosse mit Kreuzen. Insertionen mit Tüpfeln bezeichnet. Die Richtung der Muskelfasern ist durch feine Strichelung, diejenige der Inscriptiones tendineae durch dicke schwarze Linien angegeben. Die schwarze Strichellinie *a* zeigt die Form eines distalen Vollgelenkes an.

Fig. 3. Längsschnitt durch die beiden basalen Glieder des Axenstrahles der *Ceratodus*-Brustflosse (*I* und *II*) und durch den ersten präaxialen Seitenradius (*1-4*). Vergl. Figurenerklärung Fig. 1. In der Musculatur der concaven Seite sind die Systeme der *Mm. zono-keratoidei*, *zono-pterygiales* und *pterygiales proprii* angegeben. Die von anderen Muskeln verdeckten Fasern sind mit punktirten Linien gezeichnet.

Die Verhältnisse ändern sich am Flossenstiel insofern, als die 2. Inscriptio ausser dem dorsalen Theile, welcher, wie bei den distalen Zwischensehnen, längs dem Seitenstrahl orientirt ist, auch noch einen solchen besitzt, welcher quer zu demselben verläuft. Dasselbe wäre bei der 1. Zwischensehne der Fall, wenn noch ein dorsaler Seitenstrahl existirte. So verläuft der proximale, hier vom distalen Theile völlig getrennte Schenkel schräg zum dorsalen Rande der Knorpelplatte, welche allein das 1. Glied ausmacht. Diese Besonderheit der beiden proximalen Zwischensehnen macht ihrer Orientirung nach schon eine specielle Anpassung derselben an den vordersten dorsalen Seitenstrahl wahrscheinlich. Es wird dies bestätigt durch die Anordnung der Muskelfasern.

Ich habe in Textfigur 2 die Richtung der Muskelfasern mit feinen gestrichelten Linien und die Anheftungsstellen am Knorpel mit Punkten und Kreuzen bezeichnet. Berücksichtigt sind nur solche Muskelfasern, welche unmittelbar dem Knorpel aufliegen und an ihm inseriren. Behält man im Auge, dass die Knorpelradien mit ihren Enden eine Strecke weit zwischen die Hornfäden hineinragen, dass an vielen Stellen (z. B. am ventralen Rande) die Richtung der Seitenradien und der an ihnen inserirenden Muskelfasern mit einander nicht übereinstimmt, aber eine Bewegung der Radien in der Ebene der Flossenfläche durch die eng an einander gepresste Lage sämmtlicher Strahlen in dieser ausgeschlossen erscheint, so kann unmöglich an eine isolirte Bewegungsmöglichkeit der Knorpelradien durch die auf sie direct wirkenden Muskeln gedacht werden. Vielmehr hat man sich die Bewegung, welche durch den Zug an den Knorpelstrahlen hervorgerufen wird, vorzustellen als eine Krümmung des benachbarten Theiles des Hornfäden- saumes, welche synergistisch mit den *Mm. zono-keratoidei* wirkt. Von besonderer Wichtigkeit muss dieser Mechanismus einer einheitlichen Wirkung von Hornfäden und benachbarten Knorpelradien sein, da durch ihn, wie aus Textfigur 3 hervorgeht, ein Abheben oder gar Losreißen der Hornfäden von den Strahlen in der Richtung auf die Ursprungspunkte ihrer Muskeln hin verhindert wird. Diese Muskelfasern ersetzen also, wie oben bereits erwähnt wurde, für die Seitenstrahlen die Zwischensehnen, welche wesentlich am Hauptstrahl vorkommen und nur wenig auf die Seitenstrahlen übergreifen. Dies wird auch dadurch wahrscheinlich, dass umgekehrt die Hauptstrahlenglieder frei von Insertionen *zono-pterygialer* Muskeln sind.

Eine Ausnahme machen jedoch diejenigen Muskelfasern, welche sich zum 1. und 2. Axenglied und 1. dorsalen Seitenstrahl begeben. Letztere laufen in der Richtung der Länge des Seitenstrahles. Da sie ausserdem von Zwischensehnen durchbrochen werden, welche quer zur Längsaxe des Seitenstrahles orientirt sind, so erscheint eine besonders kräftige Action dieser Muskeln gerade auf den Knorpelstrahl wohl möglich. Da die dorsalen Radien lockerer stehen und weniger fest mit einander verbunden sind als die ventralen, so liegt kein Hinderniss für eine relativ selbständige Bewegung des Seitenradius vor. Schliesslich sind die Hornfäden, welche ihn an seinem distalen Ende einschliessen, in Rückbildung begriffen. Denn ihre Zahl und Ausdehnung in proximaler Richtung schwankt bei den verschiedenen Exemplaren ziemlich. In Taf. XXIII, Fig. 1 ist ein extrem starkes Uebergreifen auf den Knorpel (bis zum 3. Querglied), in Taf. XXI, Fig. 10 ein geringeres (bis zum 4. Querglied) gezeichnet. Dabei liegen die Hornfäden nicht so dicht wie weiter distalwärts im Flossensaum; sie sind sehr kurz im Verhältniss zu den anderen. Es ist deshalb wohl anzunehmen, dass die vom Flossensaum freie Partie des dorsalen Flossenrandes durch eine Reduction des Saumes entstanden ist. Wissen wir doch, dass Reductionen an dieser Stelle eingetreten sind, da ein dorsaler Seitenstrahl des ersten Axengliedes bei ausgebildeten Flossen nur ausnahmsweise angetroffen wird, sich entwickelungsgeschichtlich jedoch wie alle anderen anlegt (SEMONT, 1898, p. 73).

Mit der Rückbildung der Hornfäden muss das erste persistirende Paramer relativ selbständig in seiner Bewegungsfreiheit geworden sein, da die Anordnung der Musculatur einer solchen günstig ist und selbst Zeichen einer selbständigen Differenzirung besitzt (p. 146). Die kurzen Hornfäden, welche in meinen Exemplaren dem distalen Theile desselben auflagern, können Bewegungen des Knorpels kaum erheblichen Widerstand entgegenseetzen.

Doch sind nicht alle Muskelfasern, welche am 1. dorsalen Seitenstrahl inseriren, parallel zu seiner Axe orientirt. Diejenigen, welche vom 1. Axenglied kommen, verlaufen schräg zu ihr (Taf. XXIII, Fig. 1) und können, da nach dieser Richtung keine Nachbarstrahlen vorhanden sind, ein wenig den Knorpel auf den Schultergürtel hin bewegen, soweit dies durch die Befestigung am Flossenrand gestattet ist. Es ist wohl möglich, dass diese Muskeltheile ursprünglich zu dem dorsalen Seitenstrahl des 1. Axengliedes gehörten und mit dem Verschwinden dieses an dem folgenden Seitenstrahl auftraten. Die Orientirung des proximalen Stückes der 1. Zwischensehne, welche der Ansatzstelle des verschwundenen Radius entspricht, ist dieser Annahme günstig.

Was für den besprochenen Seitenstrahl gilt, ist in erhöhtem Maasse für die beiden proximalen Axenglieder bezüglich ihrer speciellen Bewegungsmöglichkeiten zu sagen. Auch hier ist es offenbar die Reduction des Flossensaumes und der ursprünglich ihnen zur Seite liegenden Knorpel, welche eine freiere Beweglichkeit hervorgerufen hat, wie dies oft hervorgehoben worden ist. Die Muskeln zeigen eine entsprechende Specialisirung, namentlich am 1. Glied. Gruppen von Fasern, welche am ventralen Processus des 1. Axengliedes inseriren, werden im Sinne einer Flexion¹⁾ der Flosse nach auswärts und einer Abduction¹⁾ nach abwärts beim ventro-lateralen, einer entgegengesetzten Bewegung in beiden Richtungen beim dorso-medialen Muskel wirken. Die Rotation¹⁾ des Gliedes um die Längsaxe wird beim ventro-lateralen Muskel durch Fasern besorgt, welche schräg zu den erwähnten verlaufen und am dorsalen Rande des 1. Axengliedes befestigt sind. Sie sind in Textfigur 2 eingezeichnet. Da der ganze ventro-laterale Muskel nicht nur in der Höhe der Flossenaxe entspringt, sondern namentlich ventralwärts davon auf die Clavicula seine Ursprünge ausdehnt, so muss diesen schräg verlaufenden Fasern eine besonders kräftige Drehwirkung innewohnen, welche den oberen Rand der Flosse nach abwärts zu richten vermag. Die Flossenfläche ändert dabei ihre Lage derart, dass sie von der senkrechten Stellung allmählich in die horizontale übergeht, um sich darauf wieder in die senkrechte zu verwandeln, jedoch so, dass die früher laterale Fläche sich dem Körper des Fisches zu, also medialwärts wendet. Die entgegengesetzte Bewegung werden die dorsal am Cleithrum entspringenden und zum ventralen Flossenrand verlaufenden Muskelfasern des dorso-medialen Muskels einleiten können. Doch fehlen hier speciell entwickelte Bündel wie die oben beschriebenen. Die Bewegung kann deshalb nicht die Kraft besitzen wie diejenige, welche den dorsalen Flossenrand in ventrale Lage zu bringen versucht.

Die am 2. Axenglied inserirenden Muskelbündel wirken ihren Insertionspunkten gemäss (Textfigur 2) auf den dorsalen und ventralen Rand, während die Mitte frei ist. Der ventrale Rand springt wenig über die Flossenaxe hinaus, und speciell der kleine Processus, welcher sich an ihm findet und die Insertionen fast aller Muskelfasern auf sich trägt, liegt in der Verlängerung des Axenrandes. Es können in Folge dessen kaum erhebliche Drehbewegungen durch die an ihm inserirenden Muskelfasern hervorgerufen werden. Sie müssen beim äusseren Muskel im Sinne einer Flexion nach aussen, beim inneren einer solchen nach innen wirken.

Die am dorsalen Rande des 2. Axengliedes angehefteten Fasern könnten bei der starken Breitenentwicklung des Gliedes an dieser Stelle sehr wohl dasselbe um die Flossenaxe in Rotation versetzen. Es fehlen aber die schräg verlaufenden Faserbündel wie beim 1. Gliede, deren Ursprung ventral vom Insertionspunkt liegt. In Folge dessen wird die drehende Wirkung keine so beträchtliche wie bei diesem sein.

Ueberblicken wir die Bewegungsmöglichkeiten, welche der Brustflosse auf Grund ihrer morphologischen Einrichtungen gegeben sind, so können wir scharf auseinanderhalten einmal solche, welche auf Krümmungen und Biegungen der Flossenfläche in Bogen- oder Wellenlinien hinauslaufen. Dieselben wurden von *Mm. zono-keratoidei*, *pterygo-keratoidei* und den distalen *Mm. zono-pterygiales* abgeleitet. Andererseits giebt es Bewegungen, welche zu ausgesprochenen Winkelstellungen, sei es der ganzen Flosse zur Rumpfwand, sei es einzelner Skeletstücke der freien Flosse zu anderen führen. Von diesen sind am ausgiebigsten diejenigen zwischen Schultergürtel und erstem Axenglied. Die an letzterem inserirenden *Mm. zono-pterygiales* lassen Flexionen nach aussen und innen, Rotationen und, da es sich nicht um rein dorsale und ventrale, sondern um ventro-

1) Ich bezeichne im Folgenden mit Rücksicht auf den Sprachgebrauch bei höheren Thieren stets alle um eine senkrecht zum Mittelstrahl, aber in der Flossenebene liegende Axe erfolgenden Bewegungen als Flexionen, alle um eine senkrecht zum Mittelstrahl und zur Flossenebene liegende Axe möglichen Knickungen als Ab- und Adductionen und nenne bei denjenigen, bei welchen die Axe in der Flossenebene und im Mittelstrahl liegt, die Verschiebungen in den einzelnen Gelenken: Rotationen. Die Gesamtbewegung der Flosse im letzteren Falle würde als Torsion zu bezeichnen sein, wenn in mehreren Gelenken gleichzeitig Rotationen erfolgen.

laterale und dorso-mediale Muskeln handelt, auch dorsal- und ventralwärts gerichtete Abduktionen (Elevationen und Depressionen) möglich erscheinen. Weniger ausgeprägt sind die Winkelbewegungen zwischen erstem und zweitem Axenglied, da nur Flexionen aus dem Muskelverlauf abgelesen werden konnten. Für Rotationen sind keine besonderen Elemente vorhanden. Sie sind wohl möglich, aber weniger ausgiebig als diejenigen im Schultergelenk. Ob Abduktionen bei der in dorso-ventraler Richtung recht breit gezogenen Gelenkfläche möglich sind, ist unwahrscheinlich. Schliesslich ist dem ersten dorsalen Seitenradius eine besonders freie Winkelbewegung gegenüber der Flossenfläche im Sinne einer Flexion zuzuschreiben auf Grund der an ihm inserirenden Muskelfasern, der Besonderheit der Zwischensehnen derselben und des relativen Zurücktretens der Hornfäden, welche bei den übrigen Seitenradien eine isolirte Beweglichkeit verhindern.

Beobachtungen am lebenden Thier.

Mit dieser morphologischen Analyse der Flossenbewegungen stimmen die Beschreibungen derselben, welche von Beobachtern des lebenden Thieres bisher gegeben worden sind, gut überein. E. P. RAMSAY (1877) lieferte eine zwar kurze, aber sehr genaue Mittheilung über die Bewegungen gefangener Lungenfische. SEMON (1898), welcher den Fisch theils in der Freiheit, theils in der Gefangenschaft, aber unter ungünstigen äusseren Verhältnissen (während seines Lagerlebens im australischen Busch) beobachtete, erschliesst mehr aus der ganzen Lebensweise und der Art der Gewässer, welche dem Lungenfisch zum Aufenthalt dienen, auf die Art der Bewegungen seiner Flossen. Deshalb sind die Bestätigungen seiner Schlüsse besonders werthvoll, welche die auf seine Veranlassung im Zoologischen Garten in London an Gefangenen unter

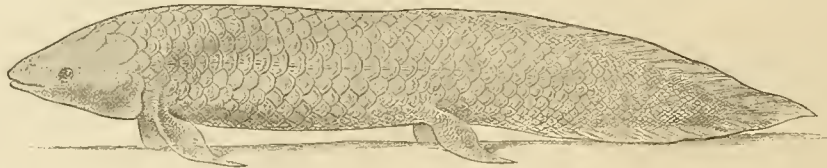


Fig. 4. *Ceratodus Forsteri*, auf den aufgestemmtten paarigen Flossen und dem Schwanze ruhend. Nach einer Skizze von A. THOMSON (London), gezeichnet von A. GILTSCH (publ. von SEMON, Zool. Anz., Bd. XXII, 1899, p. 298).

günstigeren Umständen von Mr. ARTHUR THOMSON angestellten Beobachtungen, wie SEMON (1899, p. 297) berichtet, ergeben haben. RAMSAY und SEMON-THOMSON schildern verschiedene Arten von Schwimmbewegungen, bei welchen entweder die Flossen gar nicht benutzt werden oder nach Art der „Schwebewegungen einer Fahne in einem sanften Winde“ (THOMSON) functioniren. Es kommen also dabei nur Bewegungen von undulirender Form, keine Winkelbewegungen vor. Letztere wurden dagegen von RAMSAY und THOMSON übereinstimmend in einer Reihe von Beobachtungen des ruhenden Fisches gesehen. Die Thiere liegen manchmal mit leicht aufgerichtetem Vorderkörper auf dem Boden, indem sie sich auf denselben mit den an der Basis vertical nach abwärts gerichteten Brustflossen stützen, während die Bauchflossen nach hinten gerichtet sind; oder endlich „beide Flossenpaare sind nach abwärts aufgestemmt und erheben, zusammen mit dem Schwanze, den Vorderkörper 1—2 cm frei über den Boden“. Letzteres beobachtete THOMSON. Die nach seiner Skizze von A. GILTSCH ausgeführte Zeichnung reproducire ich in Textfigur 4. Die Brustflosse ist hier einmal um ihre Axe torquirt, so dass der dorsale Rand mit seinem distalen Theile nach unten gerichtet ist und den Boden berührt. Der proximalste Punkt, welcher mit dem Boden in Berührung steht, auf welchem also vor allem das Körpergewicht lastet, entspricht, wie ein Vergleich von Textfigur 4 mit Taf. XXI, Fig. 2 lehrt, ziemlich genau der Stelle, wo der Hornfadenbesatz beginnt, also dem distalen Ende des 1. dorsalen Seitenstrahles (Taf. XXIII, Fig. 1). Ferner ist der distale Theil der Brustflossenplatte gegen den proximalen Theil und den Flossenstiel flectirt. Denn ersterer liegt dem Boden an, letztere stehen „vertical nach abwärts“.

Wir sehen in dieser Stellung die hauptsächlichlichen Winkelbewegungen realisiert, welche nach dem morphologischen Befund zu erwarten waren. Die Rotationsbewegung erfolgt in der Richtung der schrägen Bündel des ventro-lateralen Muskels, welche am vollkommensten einer solchen angepasst erschienen (Taf. XXI, Fig. 10).

Die Flexion ist zum Theil latent in der Brustflossenstellung der Textfigur 4 ausgedrückt, indem das erste und zweite Axenglied und von den Seitenstrahlen wesentlich das erste dorsale Paramer die Stemmfunction übernehmen, also durch eine gegen den Boden gerichtete Wirkung eine Einknickung der zwischen ihnen liegenden Gelenke vermeiden und dadurch den Körper des Thieres tragen. Diese Wirkung kann deshalb als eine Flexion aufgefasst werden, welche die Flosse aus ihrer Ruhestellung nach aussen, aus der rotirten Stellung der Textfigur 4 jedoch nach unten bewegen (knicken) würde, wenn diese Action nicht durch den Gegendruck der Körperlast in den basalen Gelenken aufgehoben (latent) würde. Die ohne weiteres erkennbare Flexion der distalen Theile dürfte eine passive sein. Letztere fallen schon ihrer Schwächigkeit halber kaum für die Stützfunction in die Wagschale.

Mit der Rotation ist eine Bewegung der Flossenspitze nach unten verbunden, welche durch die Abnickung derselben in die Horizontale weniger zum Ausdruck kommt, als dem wirklich vorhandenen Grade der Winkelstellung entspricht. Es ist dies im Sinne meiner obigen Definition eine Abductionsstellung, welche sich, entsprechend der Wirkung des ventro-lateralen Muskels, in der Richtung nach abwärts an die Rotation nach aussen anschliesst.

Soweit die vorliegenden Beobachtungen am lebenden Thier einen Vergleich mit dem anatomischen Befund gestatten, ergibt sich das Resultat, dass die Flächen- und Wellenbewegungen der Flosse und das sie erzeugende Zusammenspiel von Muskeln und Skelettheilen beim Schwimmen im freien Wasser wirken, die Winkelstellungen und die bei ihnen beteiligten Elemente beim Aufstützen auf dem Boden in Anwendung kommen.

2. Die Muskulatur der Beckenflosse.

Bei der Beschreibung der Musculatur der Beckenflosse des *Ceratodus* kann ich ganz kurz sein und überall auf die Verhältnisse an der Brustflosse verweisen. Ich gebe in Taf. XXI, Fig. 1 ein Oberflächenbild, um zu zeigen, dass die Uebereinstimmung mit demjenigen der Brustflosse (Taf. XXI, Fig. 2) eine fast vollständige ist. Man beachte bei der Beckenflosse besonders die mit dieser gemeinsame Verschiedenheit der beiden lateralen Contouren des Musc. pteryg. comm. von einander, ferner die Anheftung der Muskelfasern am proximalen Theil des linken Randes am Flossencontour, ohne Vermittelung von Hornfäden. Auch das Verhalten der Inscriptionen ist bei beiden Flossen sehr ähnlich. Nur ist bei der Beckenflosse statt zweier proximaler Zwischensehnen wie bei der Brustflosse nur eine, die vorderste, in zwei Schenkel getheilt. Doch ist dieses Unterscheidungsmerkmal kein constantes. Die von HUMPHRY (1872, B, Fig. 34) abgebildete axial verlaufende Zwischensehne der Beckenflossenmusculatur finde ich ebensowenig wie alle übrigen Nachuntersucher und kann in Folge dessen auch den Schlüssen, welche der Autor an dieselbe knüpfte, nicht folgen.

Auch in der inneren Structur des Beckenflossenmuskels finde ich eine so getreue Recapitulation der Brustflossenverhältnisse, dass ich auf Abbildungen ganz verzichten kann. Einige, übrigens unwesentliche Einschränkungen werde ich unten an die Besprechung der v. DAVIDOFF'schen Befunde anknüpfen.

Achtet man jedoch auf die Stellung der in Fig. 1, Taf. XXI, gezeichneten Flosse, so ist im Auge zu behalten, dass dieselbe den auf der medialen Seite des Knorpelskelets liegenden Muskel darstellt, während Fig. 2 den auf der lateralen Seite befindlichen veranschaulicht. Beide Flächen bilden einen Winkel von 180° mit einander. Man müsste demnach erwarten, dass die beiden Bilder, wenn die Musculatur

beider Flossen identisch wäre, sich spiegelbildlich zu einander verhielten. Dies ist nicht der Fall. Wir ersehen auch aus der Abbildung von THOMSON (meine Textfigur 4, p. 154), dass der Fisch seine Brustflosse fast um 180° rotirt, um sie in dieselbe Stützstellung zu bringen wie die Beckenflosse. Es müssen also die Flossen selbst um 180° zu einander gedreht sein, wenn die Uebereinstimmung der Muskelstructur eine ursprüngliche ist.

Die Idee von einer Rotation der Flossen in entgegengesetztem Sinne ist zuerst von A. SCHNEIDER (1886, p. 521) auf Grund von Beobachtungen über die äussere Form und das Skelet der Flossen ausgesprochen worden. Inwieweit es gerechtfertigt ist, eine solche anzunehmen, möchte ich erst zur Sprache bringen, wenn ich weiter unten meine Befunde am Nervensystem der Flosse mitgeteilt habe.

Hier habe ich noch der eingehenden Mittheilungen von v. DAVIDOFF (1884) über die Musculatur der hinteren Extremität zu gedenken, theils um meine Beschreibung derselben zu ergänzen, theils um zu zeigen, wie viele von den oben an der Vorderflosse unterschiedenen Faserkategorien bereits bei dieser durch die Arbeit jenes Autors bekannt waren. Ich ordne dabei seine Beschreibung in meine Muskelkategorien ein.

Befestigungen der Muskeln; Zwischensehnen.

v. DAVIDOFF (1884, p. 128—137) beschrieb bei der Bauchflosse den Ursprung der beiden Hauptmuskeln und gab an, dass beide ventral liegen. Doch glaube ich, dass man auch hier, soweit die relative Lage der beiden Hauptmuskeln zu einander in Frage kommt, von einem mehr dorsalen und einem mehr ventralen Ursprung reden kann. Denn v. DAVIDOFF fand die Anheftungen der Muskelfasern des einen auf den medialen Theil des Beckenknorpels beschränkt. Es kommt sogar in der Sagittalebene zu einer Verschmelzung der entsprechenden Flossenmuskeln beider Antimeren (l. c. p. 136). In geringem Grade fand ich dies auch bei meinem Exemplaren. Der andere Muskel dagegen erstreckt sich mit seinem Ursprung auf die lateralen Theile des Beckenknorpels, so dass zwischen den beiderseitigen Muskeln stets die ventral und medial angeheftete Musculatur zu finden ist. Besonders charakteristisch für das Lageverhältniss ist weiterhin eine vom übrigen Muskel getrennte Ursprungsportion des lateral am Becken entspringenden Hauptmuskels, welche nicht am Becken, sondern an der Rumpffascie, dorsal vom Beckenknorpel, befestigt ist. Da dem letzteren ein dorsaler Theil fehlt, welcher mit der vom Cleithrum bedeckten dorsalen Hälfte des primären Schulterbogens verglichen werden könnte, so ist die Aehnlichkeit dieses mehr dorsal liegenden Muskelursprungs mit dem am Cleithrum befestigten, dorsalen Muskelursprung der Vorderflossenmuskeln der Lage nach sehr auffallend. Man kann also auch bei der Beckenflosse wie bei der Brustflosse einen ventral entspringenden *Musc. pterygiales communis* von einem dorsal entspringenden unterscheiden.

Bezüglich des weiteren Verlaufes und der Insertion machte v. DAVIDOFF darauf aufmerksam, dass der ventrale Muskel sich auf die mediale Flossenfläche begiebt und hier inserirt, der dorsale dagegen auf der lateralen Anheftungen findet. Auch hier äussert sich das direct entgegengesetzte Verhalten der Musculaturen beider Flossen, da bei der Brustflosse ein ventro-lateraler Muskel von einem dorso-medialen zu unterscheiden war (p. 143).

Die *Inscriptiones tendineae* wurden von v. DAVIDOFF nicht genauer beachtet. Mit der Behauptung, dass die Zwischensehnen nicht im Zusammenhang mit dem Knorpel ständen (1884, p. 131—132), kann ich meine Befunde an der Beckenflosse ebensowenig in Einklang bringen wie diejenigen an der Brustflosse (p. 146).

Kategorien von Muskelfasern.

Die *Mm. zono-keratoidei* werden von v. DAVIDOFF in zwei verschiedenen Schichten gefunden. Einmal werden sie als Bestandtheil einer oberflächlichen, der Axe des Skelets folgenden Schicht („Stamm-musculatur“), ferner aber als Theile der auf den Radien liegenden tiefen Schicht („Radial-

musculatur“) beschrieben. Es stimmt dieses aber nur für die ventrale Seite der Flosse, und zwar auch nur für deren proximalen Theil. Hier decken in der That, genau wie bei den Muskeln am dorsalen Rande der Brustflosse, oberflächliche Muskelfasern, welche in der Richtung der Flossenaxe verlaufen, tiefere, welche sich zu den seitlichen Hornfäden begeben. Es existirt auch die der Längsaxe parallel verlaufende Begrenzungslinie der oberflächlichen Schicht wie bei der Brustflosse. Sie beginnt wie bei dieser an der 1. Inscr. tend. und berührt die ventralen Enden der 2—3 folgenden Zwischensehnen (vergl. Taf. XXI, Fig. 1 und 2). Im ganzen übrigen Flossenmuskel dagegen, also im ganzen distalen Abschnitt und ebenso proximal auf der dorsalen Partie, fehlt diese Schichtung. Die axialen Muskelbündel gehen ohne scharfe Grenze in die lateralen über. Es besteht also bei dieser Faserkategorie eine völlige Uebereinstimmung zwischen Brust- und Beckenflosse.

Die *Mm. zono-pterygiales* der Beckenflosse sind nach v. DAVIDOFF über dem Axenstrahl auf das 1. Mesomer („Zwischenstück“ dieses Autors) beschränkt. Sie bilden 2 Muskeln, welche, wenigstens an der dorso-lateralen Gliedmaassenfläche, gut gegen einander abgesetzt sind, und von welchen der eine an einem dorsalwärts, der andere an einem ventralwärts gerichteten Theil des 1. Axengliedes (*Processus*) inserirt. Bis hierhin sind die Verhältnisse mit denjenigen an der Brustflosse identisch. Dagegen fehlt die Ueberkreuzung der Muskelbündel, welche bei letzterer beobachtet wurde, da die tiefen Fasern nicht schräg wie dort (Taf. XXI, Fig. 10), sondern parallel zu den übrigen (v. DAVIDOFF, Taf. IX, Fig. 5) verlaufen. Es hängt dies wohl damit zusammen, dass die Beckenflosse der Rotation nicht bedarf, welche die Brustflosse ausführen muss, um in die „Stützstellung“ zu gelangen (Textfigur 4). Die übrigen Muskelfasern dieser Kategorie inseriren an den Seitenradien des Knorpelskelets. v. DAVIDOFF findet nur ein Bündel, welches er auf der dorso-lateralen Gliedmaassenfläche als separaten Muskel beschreibt und abbildet (Taf. VIII, Fig. 3 *ab*). Dasselbe inserirt am basalen Glied des 1. ventralen Seitenstrahles. Es ist das dieselbe Muskelgruppe, welche auch bei der Brustflosse an entsprechender Stelle (an der dorsalen Flossenkante) existirt. Sie ist aber auch an der Beckenflosse, wie bei jener, am 1. und 2. Axenglied ausser der oben erwähnten Stelle befestigt (in Taf. XXIII, Fig. 1 mit X bezeichnet).

Ausser diesem, von v. DAVIDOFF bereits erwähnten Muskelbündel giebt es noch zahlreiche andere, welche an den Seitenradien inseriren. Sie vertheilen sich wie bei der Brustflosse (Taf. XXIII, Fig. 1) auf die basalen Glieder aller Seitenradien (dorsaler und ventraler) und fehlen nur den distalsten.

Die *Mm. pterygo-keratoidei* fehlen in der Beschreibung v. DAVIDOFF's ganz. Nach meiner Beobachtung sind sie nur als spärliche Fasern entwickelt und finden sich wie bei der Brustflosse ausschliesslich an den distalen Gliedern der Parameren.

Die *Mm. pterygiales proprii* sind nach v. DAVIDOFF im proximalen Theil der Bauchflosse sehr zahlreich. Sie sollen vom 1. Axenglied („Zwischenstück“) entspringen und an den vier vordersten dorsalen und dem vordersten ventralen Seitenstrahl inseriren. Auch hier ist die Uebereinstimmung mit der Brustflosse jedoch eine grössere, als es nach dieser Schilderung im Vergleich mit der meinigen scheinen könnte. Denn auch bei der Beckenflosse finde ich Insertionen von *Mm. pterygiales proprii* ausser am 1. ventralen Seitenstrahl auch an der angrenzenden Partie des 2. Axengliedes, welche der dorsalen Kante desselben an der Brustflosse entspricht. Die an den dorsalen Seitenradien der Beckenflosse inserirenden Fasern nehmen dagegen, wie die entsprechenden der ventralen Zone der Brustflosse, ihren Ursprung nicht am Knorpel, sondern an der 1. Zwischensehne und sind deshalb dem System der *Mm. zono-pterygiales* einzureihen.

Weiter in das Detail einzugehen, ist wohl überflüssig, da aus der vorstehenden Darlegung zur Genüge hervorgehen dürfte, wie ausserordentlich ähnlich die Musculaturen beider Flossen sind, wenn man dieselben in die einander entsprechenden Stellungen bringt.

b) Neurologie.

1. Die Nerven der Brustflosse.

Ueber die Nerven der **Brustflosse** des *Ceratodus* existiren nur solche Angaben in der Literatur, welche sich auf die seriale Anordnung und Zahl derselben beziehen. Ueber die Vertheilung und Endigung derselben in der Flosse selbst erfahren wir aus derselben nichts.

Zahl und seriale Herkunft der Nerven.

FÜRBRINGER (1897) und ich (1898A) stimmen darin überein, dass von occipitalen Nerven ein Aestchen von Z an die Brustflosse abgegeben wird. Dieses verbindet sich mit Aesten der Nerven a (1), b (2) c (3) und 4 zu einem Plexus omopterygialis anterior, welcher durch eine besondere Muskelpforte cranial von der 1., bei *Ceratodus* sehr verbreiterten Rippe die Rumpfwand durchbohrt. Ein zweiter Plexus (Pl. omopterygialis posterior), welcher aus Aesten der Spinalnerven: b (2), c (3), 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 und wahrscheinlich 11 besteht, benutzt eine eigene, caudal von der 1. Rippe liegende Muskelpforte, um sich zur Extremität zu begeben. Beide Plexus sind mit einander verwebt, wie aus der Betheiligung der Nervenäste von b (2), c (3) und 4 an jedem von beiden hervorgeht (BRAUS, 1898A, p. 304 und Taf. IX—X, *Ceratodus*). Die Zahl der betheiligten Nerven ist also viel grösser als früher angenommen wurde. BEAUREGARD (1881, p. 241) und HASWELL (1883, p. 10) fanden nur vier spinale Componenten des Extremitätenplexus.

BEAUREGARD's und mein Befund eines doppelten Extremitätenplexus hat sich durch die Untersuchung der Entwicklung der Nerven durch SEMON (dieser Band, p. 70—71) bestätigt. Dagegen erhebt SEMON an derselben Stelle einen Einwand gegen die Betheiligung der letzten Nerven des Plexus omopterygialis posterior (7.—11. Spinalnerv) an der Innervation der Flosse. Er findet nämlich, dass keine diesen Metameren (7.—11.) zugehörige Muskelbildungszellen in der Art wie bei den vorhergehenden Metameren in die Flossenanlage hineinwachsen, und schliesst daraus, „dass der 7.—11. Spinalnerv, wenn nicht auch noch frühere, sich zwar an der Plexusbildung betheiligen, nicht aber wirklich Fasern in die Flossenmusculatur eintreten lassen“ (l. c. p. 71).

Ich glaube, dieser Einwand lässt sich nicht aufrecht erhalten angesichts der Thatsache, dass auch bei den Extremitätenanlagen verschiedener Selachier-Familien in der späteren Entwicklung Nerven auftreten, welche nicht zu einem in Form von Muskelknospen oder dergleichen gleichmässig und ungefähr gleichzeitig der Flosse einverleibten Material gehören (BRAUS, 1899, p. 555 u. ff.). Bei *Ceratodus* scheint eben auch eine nachträgliche Muscularisirung der Flosse in späteren Stadien durch Elemente stattzufinden, welche in früheren noch indifferent sind und deshalb beim heutigen Stande unserer mikrotechnischen Hilfsmittel nicht von anderen Bildungszellen (embryonales Bindegewebe etc.) unterschieden werden können. Es kann auch hier das zu den gewiss functionell weniger wichtigen hinteren Nerven des Plexus gehörende Muskelmaterial in anderer Art angelegt werden als das functionskräftigere der vorderen Nerven. Doch sind über die Art seines Entstehens nur Vermuthungen möglich, da SEMON leider älterer Embryonen als derjenigen, welche sein Stadium 48 repräsentirt, nicht habhaft werden konnte.

Uebrigens gelang es mir, an den SEMON'schen Serien (vergl. p. 141) nachzuweisen, dass bereits am Plexus omopterygialis des Stadiums 48 ausser dem von SEMON angegebenen starken Ast vom 3. Spinalnerven (c) auch noch je einer vom vierten und fünften deutlich betheiligt sind. Eine Verbindung mit dem 6. Spinalnerven und den folgenden konnte ich freilich nicht sehen. Es ist dies aber z. B. bei *Spinax niger* ebensowenig bei der Entwicklung des Plexus pelico-ptyerygialis anterior (Collector der hinteren Extremität) der Fall, bei welchem analoge Verhältnisse der Extremitätenverschiebung bezüglich der absoluten

Richtung des Plexus vorliegen. Auch dort treten die am Ende dieses Plexus befindlichen Nerven zuletzt und alle vorhergehenden successive mit fortschreitender Entwicklung auf (BRAUS, 1899, p. 571).

Ich kann also die Vermuthung SEMON's, dass in dem von ihm in den Stadien 47 und 48 gesehenen Plexus omoptyrgialis posterior wegen seiner Stärke doch noch weitere Nerven als die relativ dünnen Aeste des 1., 2. und 3. definitiven Rumpfsegmentes stecken, für den 4. und 5. Nerv durch directe Beobachtung bestätigen. Dadurch geräth aber SEMON's Voraussetzung, dass die am ventralen Ende des 1., 2. und 3. Myotoms (und an keinem anderen) beobachteten Veränderungen eine spezifische Quelle für das myogene Material der Extremität bildeten, ins Schwanken. Diese entstehen im Stadium 44—45. Wenn schon im Stadium 48, also kurz darauf, motorische¹⁾ Nerven von anderen Myotomen in die Flosse hineingehen, so kann es sich doch wohl an den betreffenden Stellen nicht um eine ausschliessliche Muskelproduction für die Flosse handeln, sondern wahrscheinlich findet bei weiter hinten liegenden Myotomen an derselben Stelle zugleich mit der Auflösung der Cutislamelle (also etwas später) auch eine Ausstossung von Muskelmaterial statt. Ich sehe keinen Gegengrund, warum nicht das, was hierdurch für 2 weitere Myotome ausser den von SEMON allein als ausser Zweifel stehend anerkannten Segmenten wahrscheinlich wird, auch für die Production myogenen Materiales bei noch weiter caudal- und rostralwärts liegenden Myomeren gelten sollte. Ich glaube deshalb nicht, dass der Einwand SEMON's meine früheren Angaben über die serielle Innervation der *Ceratodus*-Brustflosse getroffen hat. Doch werde ich selbst meine damaligen Angaben weiter unten auszuführen haben.

Vertheilung der Nerven an die Hauptmuskeln der Flosse.

Nachdem die beiden Plexus (omopterygialis anterior und posterior) die Bauchmuskulatur durchbohrt haben, vereinigen sie sich an der Innenwand der Flosse in einer Furche, welche zwischen die Ränder der beiden Mm. pterygiales communes bis zum ventralen Rande des Gelenkfortsatzes des primären Schultergürtels (*G* Fig. 1, Taf. XXII) und der beiden ersten Axenglieder des Flossenknorpels vordringt und ausser mit Nerven und Gefässen mit Bindegewebe gefüllt ist. Doch ist es möglich, durch sorgfältige Präparation die einzelnen Bestandtheile des Plexus anterior, soweit sie innerhalb der Bauchhöhle isolirbar sind (1898A, Taf. IX, Fig. 1), bis zum Eintritt in die Flossenmuskulatur selbst auseinanderzuhalten. Die Bestandtheile des Plexus posterior konnte ich jedoch auf die lange Strecke hin nicht mit genügender Sicherheit entwirren. Fig. 1, Taf. XXII, giebt ein Bild von der Anordnung der Nerven in dieser relativ isolirten Lage. Die Rumpfmuskulatur ist dort durchschnitten, wo sie vom Pl. omopt. post.²⁾ passirt wird, und weiter nach vorn ganz abgetragen. Die Bestandtheile des Plexus anterior liegen in Folge dessen frei auf dem Schultergürtel. Den weiteren Verlauf der Nerven in der Flosse selbst veranschaulicht Fig. 1, Taf. XXIII²⁾. Es ist, wie schon früher erwähnt, die ventro-laterale Muskulatur der Flosse dargestellt. Man findet in der Figur von jedem der Nervenstämme der Fig. 1, Taf. XXII, einen Theil wieder. Der andere Theil biegt sich zum dorso-medialen Muskel. Denn alle Nervenstämme theilen sich in Aeste, von denen je ein Theil für einen der genannten Hauptmuskeln bestimmt ist. In Fig. 1, Taf. XXII, sieht man diese Theilung besonders deutlich beim letzten Nervenstamm²⁾ (Plexus posterior b + c + 4—11). Es gehen eine Reihe Hautnerven zu der beide Hauptmuskeln bedeckenden Haut und ausserdem kräftige motorische Endäste in

1) Dass es sich nicht etwa um ausschliesslich sensible Nerven handelt, lässt sich am ausgebildeten Thier durch die Verfolgung der Nerven in die Extremitätenmuskulatur hinein feststellen. SEMON hat übrigens ausdrücklich einen derartigen Einwand zurückgewiesen (p. 71). Zu denjenigen Nerven, welche motorisch sind, müssen aber Muskeln gehören. Denn motorische Nerven ohne Muskeln atrophiren.

2) In der Figur ist der betr. Plexus an diesem Verhalten leicht herauszufinden. Durch ein Versehen wurde die ihm zukommende Bezeichnung (b, c, 4—10 resp. 11, s. p. 158) bei der Reproduction nicht wiedergegeben. — In der Fig. 1, Taf. XXIII, sind die punktirten, von z, a und a, b ausgehenden Linien irrthümlich an die Endausbreitungen von Nerven herangezogen. Sie gehören natürlich, wie alle übrigen Nervenbezeichnungen, an den Beginn der Nerven und zwar der beiden oberhalb b liegenden Aestchen.

die Musculatur. Die Abzweigung dieser Aeste ist nicht sehr einfach und wird besser durch die Abbildung als durch Worte erläutert. Die Theilung der übrigen Nervenäste ist gleichfalls sehr complicirt und liess sich auf dem engen Raum der Furche über dem Gelenkkopf des Schultergürtels in Fig. 1, Taf. XXII, nicht zeichnen. Ich habe aber dieselbe bei der Präparation der Flosse gut verfolgen können und hoffe, dass der Leser mittelst der identischen Buchstabenbezeichnung die Nerven über dem Gelenkkopf der Fig. 1, Taf. XXII, auf die Anfänge der Nerven in Fig. 1, Taf. XXIII, wird beziehen können.

Die Nerven der Flossenmusculatur verlaufen auf lange Strecken hin an der basalen Fläche der Hauptmuskeln, zwischen ihnen und dem Perichondrium des Skelets. Will man deshalb die Nerven präpariren, ohne die Musculatur zu zerstören, so muss man so vorgehen, dass man die gefederte knorpelige Skeletplatte ihrer Fläche nach mit einem scharfen Scalpell vorsichtig halbirt und successive ein Glied derselben nach dem anderen abträgt. Auf diese Weise werden die Nerven nach und nach zugänglich, ohne dass ihre Endigungen in der Musculatur und die Muskeln selbst beschädigt werden. Auch hat diese Methode den, jedem mit feineren Präparationen vertrauten Untersucher bekannten Vortheil, dass man bei ihr am besten die Nerven in proximo-distaler Richtung präpariren kann.

Das Original zu Fig. 1, Taf. XXIII, ist so entstanden, dass das Skelet der Flosse, nach der Durchtrennung desselben seiner Fläche nach, in starker Vergrösserung (4-fach) gezeichnet wurde. Dann begann ich mit der Ablösung des 1. Axengliedes, präparirte die dadurch frei werdenden Nerven und zeichnete sie in die Contourzeichnung dieses Knorpels ein. Darauf ging ich in gleicher Weise bei dem 2. Axenglied vor, ebenso bei jedem einzelnen Seitenstrahl desselben u. s. w. Ich erhielt auf diese Weise eine Zeichnung, welche genau die topographischen Beziehungen zwischen Nerven und Skelet wiedergiebt. Es wurde dabei auch die Musculatur mit ihren Zwischensehnen, der Verlauf und die Befestigungen ihrer Fasern berücksichtigt und mit rother Farbe markirt. Wegen der topographischen Beziehung der Musculatur zum Skelet wurde im vorigen Capitel auf die Figur bereits mehrfach verwiesen.

Es ist mir, wie aus den beiden Bildern (Taf. XXII, Fig. 1; Taf. XXIII, Fig. 1) ersichtlich ist, bei *Ceratodus* nicht möglich gewesen, die einzelnen serialen Componenten der Extremitätenplexus bis zu den Endverzweigungen zu isoliren, wie dies bei Squaliden gelang (siehe nächstes Capitel). Ich konnte dieselben nur bis zu dem vollendeten Durchtritt der Nerven durch die Bauchwand auseinanderhalten, so dass die Beziehung zur Flosse gesichert war. Bei dem vorderen Plexus waren noch die Hauptbestandtheile, welche aber auch schon theilweise gemischter Natur sind, bis zum Eintritt in die Flossenmuskeln selbst zu isoliren. Aber auch bei ihnen treten dann Verflechtungen zwischen Aesten von z, a, b und c auf, welche ich ohne sichere Erhaltung aller Fasern nicht zu entwirren vermochte. Die Nerven des Lungenfisches sind bei in Alkohol conservirtem Material sehr durchsichtig und brüchig, so dass feinere Elemente schwer zu erkennen und freizulegen sind; andererseits erschwert ein derbes bindegewebiges Perineurium feinere Präparationen. Immerhin lässt die relative Isolirung der serialen Bestandtheile des Plexus einen Einblick in die Vertheilung des metameren Muskelmaterials der Flosse zu.

Bezüglich der speciellen Nervenvertheilung in der Brustflosse verweise ich vor allem im Detail auf die oben erläuterten Abbildungen. Eine Beschreibung in Worten würde zu weitläufig sein. Ich hebe deshalb hier nur einige Hauptpunkte hervor.

Der Plexus omopterygialis posterior theilt sich in der Nähe des Schultergelenkes in einige Aeste. Von diesen ist einer grösstentheils, aber nicht ausschliesslich sensibel; die anderen dringen fast völlig in die Flossenmusculatur ein. Vergleicht man den sensiblen Antheil des Nerven, welcher sich an dieser Stelle abspaltet, mit dem motorischen, so ist letzterer weitaus der stärkere. Doch zeigt sich ferner, dass der dorso-mediale Hauptmuskel von den motorischen, die ventro-laterale Seite von den sensiblen Aesten des Plexus

bevorzugt wird. Es lässt sich daraus nicht mit Sicherheit entnehmen, ob in dem ersteren auch numerisch mehr seriale Abkömmlinge der Rumpfmusculatur sitzen als im ventro-lateralen Hauptmuskel. Denn es ist eine nicht seltene Erscheinung bei niederen Wirbelthieren, dass die schwächeren Extremitätennerven ungleiche Theile an die beiden Hauptflossenmuskeln abgeben. Beispielsweise bei Batoiden (*Pristis*, *Raja fullonica*) sind beide Aeste des letzten metazonalen Nerven der Brustflosse vorhanden, aber einer ist stärker entwickelt als der andere. Bei dem letzten metazonalen Nerven der Brustflosse anderer Selachier (*Scymnus*, *Rhinobutus*, *Raja vomer*, *Myliobatis*) fehlt dagegen der Ast zu einem Hauptmuskel gänzlich (BRAUS, 1898, p. 313). Es könnte also bei *Ceratodus* der ventro-laterale Muskel gerade so reich an serialem Material hinterer Metameren wie der dorso-mediale sein; wahrscheinlicher ist es, dass er um ein oder einige wenige Metameren ärmer ist.

Wie steht es aber mit der Bedeutung der am meisten caudal entspringenden Bestandtheile des Plexus posterior für die Brustflosse? In Betracht kommen für diese Frage die relativ stattlichen Hautäste der Flosse, welche den Plexus vor seinem Eintritt in die Musculatur verlassen. Auch hier geben die Verhältnisse niederer Fische einen Anhaltspunkt für die Beurtheilung. Denn bei ihnen finden wir bereits die für die ganze Wirbelthierreihe einschliesslich des Menschen bekannte Erscheinung, dass der oder die letzten Extremitätennerven häufig rein sensibler Natur sind (z. B. bei *Heptanchus*, *Acanthias*, *Spinax*, *Chimaera*, BRAUS, 1898, p. 313). Es ist deshalb möglich, dass auch bei *Ceratodus* von den hintersten, am Aufbau des Plexus omoptyrgialis posterior beteiligten Spinalnerven einige (11, 10 u. s. w.) nur sensible Fasern an die Extremität entsenden. Wieviele von diesen Nerven eventuell unter diese Kategorie gehören, kann ich natürlich nicht sagen. Bei Selachiern fand ich nie mehr als zwei derartige Nerven¹⁾.

Die Nerven z, a, b und c resp. diejenigen Aeste des Plexus omoptyrgialis anterior, deren Hauptbestandtheile von den entsprechenden Metameren geliefert werden (Taf. XXII, Fig. 1), theilen sich in ähnlich complicirter Weise wie der Plexus posterior in die für die beiden Hauptmuskeln bestimmten Aeste. Doch fehlen stärkere Hautnerven wie bei diesem. Wichtig ist der Verlauf eines dünnen Nervenfädchens, welches von Nerv a und wahrscheinlich von einem Aestchen von z gebildet wird. Dasselbe begiebt sich in schrägem Verlauf über die Clavicula und tritt erst in der Nähe der ventralen Flossenkante in die Musculatur ein, um sich in ihr lateralwärts zu verzweigen.

Plexus omoptyrgialis distalis.

Sind einmal die Extremitätennerven zwischen Flossenmusculatur und -knorpel angelangt, so beginnen Plexusbildungen, welche durch ihre Complication und Mannigfaltigkeit ein Netzwerk feinsten Art über die ganze Unterfläche der Musculatur hin herstellen. Ich nenne sie Plexus pterygiales distales (Taf. XXIII, Fig. 1). Grosse Nervenstämme bilden sich durch die Anastomosirung nur am proximalen Theile der Flosse über dem 1. Axenglied, aber auch nicht in sehr ausgeprägtem Maasse. Im Uebrigen verbinden und lösen sich die Nervenäste in stetem Wechsel. Untersucht man die Verhältnisse genau, so findet man stets, dass an den Anastomosen ein Austausch der Fasern der in Verbindung tretenden Nervenäste erfolgt. Diese sind also keine Appositionen im Sinne einer rein äusserlichen, bindegewebigen Verbindung der Nerven, wie offenbar HASWELL glaubte (1883, p. 10), sondern wahre Plexusbildungen, bei welchen die aus dem Geflecht austretenden Nerven anders zusammengesetzt sind als die in dasselbe eintretenden. Damit erfährt aber auch

1) Dieser Zusatz zu meinen früheren Angaben bezüglich des Plexus posterior (1898 A) thut natürlich der Verwerthung desselben als Beweismittel für die beträchtliche Lageveränderung der Extremität keinen Eintrag. Denn die Nerven laufen doch alle, trotz ihres zum Theil weit von der Extremität entfernten Ursprunges, zu dieser hin (p. 160). Darin unterscheidet sich eben mein Nachweis von der Auffassung SEMON'S, welcher glaubt, dass diese Nerven zum Theil weder die Musculatur noch die Haut der Flosse versorgen (s. p. 158, 159). — Es ist mir wahrscheinlicher, dass, wenn überhaupt, dann nur ventrale Aeste der letzten Flossenerven rein sensibel sind; dadurch würde die Präponderanz der Hautäste auf der ventro-lateralen Flossen-seite und diejenigen der motorischen Nerven beim dorso-medialen Hauptmuskel (s. o.) ihre Erklärung finden.

die ältere Ansicht¹⁾ HASWELL's ihre Widerlegung, welcher glaubte, die Geflechte seien durch Einengung einer ehemals grösseren Basis erzeugt, und deshalb letztere postulierte.

Wenn auch keine sehr ausgeprägten Nervenstämme im Plexus distalis der Brustflosse gebildet sind, so lässt sich doch eine gewisse strangförmige Anordnung der Netzmaschen verfolgen, welche sich am proximalen Theil der Form einheitlicher Nerven stark nähert. Die Netzmaschen sind in proximo-distaler Richtung gegenüber der dorso-ventralen Ausdehnung stark in die Länge gezogen und stehen zu beiden Seiten der Axe über dem Ursprung der Seitenradialen am dichtesten. Diese beiden, längs der Axe verlaufenden Netzstränge setzen sich proximalwärts, wenn auch durch viele Verbindungen mit einander im Austausch begriffen, in die beiden am 1. Axenglied befindlichen Längsstämme fort, von welchen der eine am ventralen Rande des 1. Axengliedes, der andere, mehr einheitliche, auf der Mitte desselben liegt.

Ausserdem lassen sich noch zwei Gesetzmässigkeiten aus der Vertheilung der Nervenfasern in dem Gewirr des Plexus ableiten. Die mehr cranial an der Medulla entspringenden Nervenfasern (z, a) begeben sich (Taf. XXIII, Fig. 1)²⁾ mehr an den proximalen und dorsalen Theil der Flosse als die mehr caudalwärts aus der Wirbelsäule austretenden Elemente (c, 4—11), welche mehr distalwärts und an den ventralen Theil der Extremität im Vergleich mit jenen verlaufen. Es ist dies unverkennbar, wenn auch die genaue Grenzbestimmung der Ausbreitung der einzelnen serialen Nerven-elemente aus oben erwähnten Gründen nicht gelingt und namentlich die Aeste von b überall die Verbindung zwischen a und c und den Beimischungen beider herstellen.

Daraus folgt aber, dass einmal eine Eintheilung der Flossenfläche entsprechend der Gliederung des Rumpfes vorgenommen werden kann. Das Material des dorsalen Theiles muss bei seiner Entstehung im Rumpf mehr vorn, das des ventralen Theiles mehr hinten gelegen haben. Für ersteres hat HUXLEY (1876, p. 47) den Ausdruck präaxial, für letzteres postaxial eingeführt, indem er die Lagebeziehung auf die Axe der Extremität übertrug. Bei der *Ceratodus*-Brustflosse sind also, wie schon HUXLEY aus anderen Gründen annahm, dorsaler und präaxialer, ventraler und postaxialer Rand identisch.

Fernerhin findet, wie namentlich am dorsalen Flossenrande ersichtlich ist, eine Versorgung der proximaleren Partien längerer Muskeln, z. B. der *Mm. zono-keratoidei*, durch mehr cranial entstehende Nerven (z, a) statt gegenüber den distaleren Theilen derselben Muskeln, die ihre Innervation aus mehr caudal vom Rückenmark entspringenden Nerven beziehen. Auch beim *Ceratodus* bestätigt sich also das allgemeine, insbesondere von FÜRBRINGER (1888, p. 980) formulirte Gesetz, dass die Extremitätenmuskeln der Wirbelthiere polymetamer sind und dass sich ihre Zugehörigkeit zu den Metameren des Körpers in schräger Richtung von vorn-proximal nach hinten-distal erstreckt.

Die letzten Endigungen der motorischen Nerven sind bei der *Ceratodus*-Flosse bald erreicht, wenn man die in die Unterfläche des Hauptmuskels sich einsenkenden³⁾ Fädchen verfolgt. Sie verzweigen sich hier wohl auf kurze Strecken und verbinden sich weiter mit anderen Aestchen. Die Complication der Bildung von Nervennetzen schreitet deutlich in proximo-distaler Richtung fort, um in der Musculatur selbst ihren Höhepunkt zu erreichen. Aber überall enden feinste Aestchen, welche aus dem Netz hervorgehen. Eine besondere Schichtenbildung innerhalb der Musculatur ist an den Nerven nicht zu erkennen. Die verschiedenen Faserkategorien, welche im myologischen Abschnitt beschrieben sind, werden vielmehr von Aestchen desselben Nervenzweiges versorgt, wenn sie nur nahe genug bei einander liegen.

1) Später (1884, p. 82 Anm.) hat der Autor seine Anschauungen dahin modificirt, dass er überhaupt den Nervengeflechten keine in Betracht kommende Beweiskraft mehr beimisst. Dem kann ich noch weniger beipflichten.

2) Vergl. p. 159, Anm. 2.

3) Von diesen sind in Fig. 1, Taf. XXIII, nur diejenigen gezeichnet, welche nicht von Nervenstämmen verdeckt sind.

Nur vereinzelte Aeste erreichen die Oberfläche der Musculatur. Es sind dies feine sensible Nerven, welche an die Flossenhaut treten. Sie sind einzeln beträchtlich dünner, aber zahlreicher als die Hautnerven, welche vom proximalen Plexus (Pl. omoptyrgialis posterior, Taf. XXII, Fig. 1) abgegeben werden. Alle diese Hautnerven und die distalen Endäste der Flossennerven, welche zwischen die Hornfäden und von hier aus zur Haut gelangen (Taf. XXIII, Fig. 1), verbinden sich an zahlreichen Punkten, so dass ebenso wie ein motorisches, so auch ein sensibles Endnetz der Flossennerven besteht.

Auf eine Beschreibung und Abbildung der Nerven des anderen Hauptmuskels verzichte ich ganz, da die Abweichungen von dem hier geschilderten Bilde nebensächlicher Natur sind.

2. Die Nerven der Beckenflosse.

Bei der Beckenflosse des *Ceratodus* sind nach v. DAVIDOFF (1883, p. 138) 12, nach meinen Präparaten 13 Nerven (Aeste vom 20.—32. Spinalnerven) an der Innervation beteiligt (BRAUS, 1898 A, Taf. XVII). Ich bilde meine Originalzeichnung von denselben hier nochmals ab (Textfigur 5), da die Figur, welche ich früher gegeben habe, in der Reproduction zu klein und schematisch ausgefallen ist (1898 A, Taf. X, Fig. 1), um ein genügendes Bild von der Structur des Plexus pelicoptyrgialis, den die Nerven bilden, zu geben. Derselbe zerfällt in zwei Theile, wie der Plexus omoptyrgialis. Am Plexus pelicoptyrgialis anterior sind die Flossenäste vom 20.—28. Spinalnerven, am Plexus pelicoptyrgialis post. vom 27.—32. beteiligt. Es sind also nur zwei Nerven beiden Geflechten gemeinsam (gegenüber dreien bei den Brustflossennerven). Auch dieses Verhalten ist nicht constant; denn bei einem anderen Exemplar fehlte die intraabdominale Verbindung des 27. Nerven mit dem Plexus posterior, während diejenige des 28. Nerven mit dem Plexus anterior nur sehr dünn und nicht ganz sicher war (Taf. XXVII, Fig. 2)¹⁾. In diesem Falle ist also nur ein Spinalnerv an beiden Geflechten beteiligt.

Die beiden proximalen Plexus der Beckenflosse gehen auch, wie diejenigen der Brustflosse, durch gesonderte Pforten der Bauchwand hindurch. Doch liegen diese nahe der Linea alba an Stellen, wo kaum mehr Muskeln vorhanden sind. Der Weg vom Eintritt in die Bauchwand bis an das Skelet der Bauchflosse ist kurz (vergl. Fig. 2, Taf. XXVII, in welcher für die Rr. pterygiales laterales die

1) Das Nervenfädchen zerriss bei der Präparation an der durch das ? bezeichneten Stelle. Doch konnte die Zusammengehörigkeit der beiden Enden kaum zweifelhaft sein. — Der Plexus proxim. dieser Figur ist bezüglich seiner Ausdehnung nach vorn und hinten nicht so genau untersucht, wie der in Textfigur 5 abgebildete Plexus. Die Aestchen, welche, namentlich am caudalen Ende, fehlen, missglückten bei der Präparation in Folge nicht ganz tadelloser Erhaltung des Exemplares.

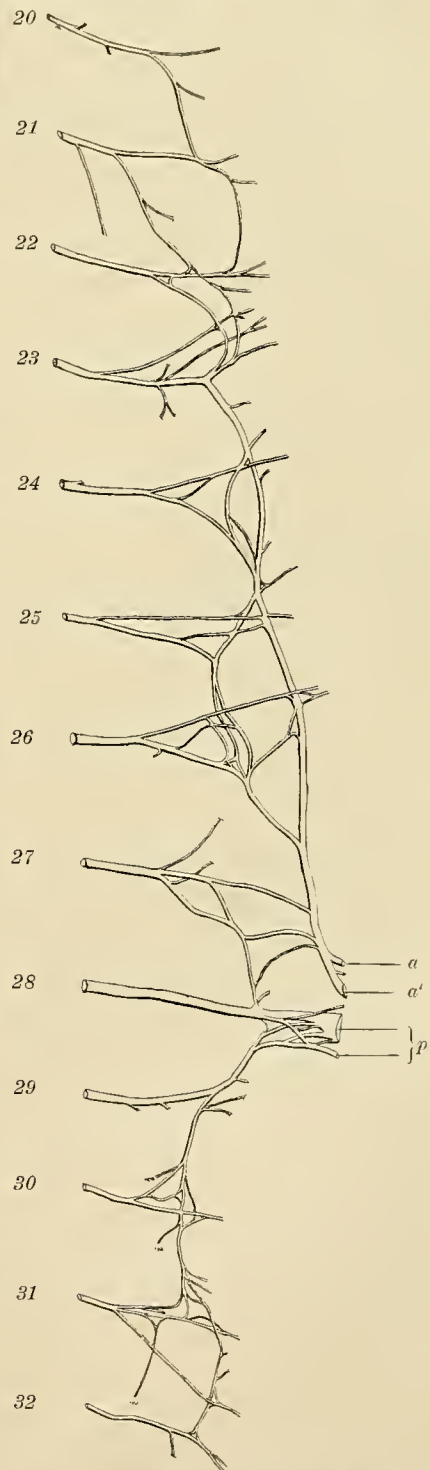


Fig. 5. Plexus pelicoptyrgialis bei *Ceratodus*, $\frac{1}{2}$ mal vergr. a medialer, a' lateraler Ast des Plexus anterior, p Plexus posterior.

Eintrittsstelle in die Bauchwand durch Querstriche angegeben ist, mit Taf. XXII, Fig. 1). Es sind in Folge dessen die Theilungsstellen der Plexusäste in die für die ventro-medialen und dorso-lateralen Hauptmuskeln bestimmten Zweige, welche sich ebenso wie an der Brustflosse finden und bereits von v. DAVIDOFF hier nachgewiesen wurden, ganz nahe an den intraabdominalen Plexus herangerückt. Ja, einige dieser Theilungen pflegen schon vor dem Durchtritt durch die Bauchwand einzutreten (Textfigur 5 a, a'). Da mit der Spaltung eine starke Verästelung der Plexusäste und Verflechtung der neu entstehenden Theile wie bei der Brustflosse einhergeht (in Taf. XXVII, Fig. 2, bei den medialen Aesten abgebildet), so wird das Bild ein viel complicirteres als bei der Brustflosse, obgleich die Verhältnisse principiell dieselben wie bei dieser sind. Der Raummangel bringt es mit sich, dass schon vor und bei dem Durchtritt der Nerven durch die Bauchwand alle jene Umlagerungen erfolgen, welche bei der Brustflosse räumlich auseinandergehalten werden können.

Es begeben sich bei der Beckenflosse alle Extremitätennerven in eine Furche zwischen den beiden Hauptmuskeln, welche an den dorsalen Rand des knorpeligen Skelets (speciell an den Gelenkfortsatz des Beckens, an das 1. Axenglied und den Anfang des 2.) führt. Es zeigt sich hierin bei der Beckenflosse eine um 180° gegen die Eintrittsstelle der Nerven bei der Brustflosse veränderte Lage. Denn bei letzterer begeben sich die Nerven an die ventrale Kante des Skelets.

v. DAVIDOFF (1884, p. 140) fand bei der Beckenflosse bereits, dass die Nerven mit ihren Verzweigungen auf dem Skelet liegen und erst kurz vor ihrer Endigung in die Musculatur eintreten. Er verzichtete ausdrücklich auf eine Beschreibung der feineren Nervenverästelungen, da es mit den damaligen technischen Hilfsmitteln unmöglich erschien, dieselben präcis darzustellen. Aber auch sein Befund, dass drei grössere Längsstämme auf beiden Seiten der Flosse existiren, ist möglicher Weise als eine Folge des zugegebenen Missstandes anzusehen.

Ich bilde in Fig. 2, Taf. XXVII, die Verästelungen und Verbindungen des distalen Extremitätenplexus auf der medialen Flossenseite ab. Da das Bild über die ganze Flossenfläche immer das gleiche bleibt, habe ich nur den proximalen Theil der Flosse gezeichnet. Vergleicht man dasselbe mit dem von der Brustflosse gegebenen (Taf. XXIII, Fig. 1), so fällt die Uebereinstimmung der entsprechenden Geflechte im Allgemeinen bei beiden Flossen auf.

Jedoch ist auch hier wieder das völlig spiegelbildliche Verhalten bei beiden Extremitäten ins Auge zu fassen. Denn die präaxiale Seite liegt bei der Brustflosse dorsal, bei der Beckenflosse ventral. Umgekehrt befindet sich der postaxiale Rand bei der ersteren ventral und bei der letzteren dorsal.

Ferner sind die Längsstämme, welche auch v. DAVIDOFF beschrieb, deutlicher entwickelt und geschlossener als bei der Brustflosse. Auf dem 1. Axenglied sind die Verhältnisse bei beiden Flossen ungefähr gleich. Weiter distal jedoch kann man nur bei der Beckenflosse dickere Nervenstämmchen zu beiden Seiten der Axe beobachten. Dieselben sind stellenweise unterbrochen, indem an ihre Stelle Netzstränge treten, die dann bald sich in anderer Gruppierung zu neuen Stämmchen zusammenschliessen. Bei der Brustflosse finden sich auf der ganzen Strecke dagegen die oben beschriebenen Netzstränge. Ihre Lage zum Skelet ist dieselbe wie diejenige der Längsstämme bei der Beckenflosse. Beide Bildungen lassen sich gut mit einander vergleichen; die Längsstämme als die complicirteren Bildungen erscheinen dabei als höhere Differenzirungen gegenüber den Netzsträngen. Da, wo erstere stellenweise den Charakter letzterer besitzen, liegen noch primitivere Stadien vor, welche im Uebrigen durch engeren Zusammenschluss der Nervenästchen an einander überwunden sind.

Ich kann mir nur denken, dass bei dem Exemplar von v. DAVIDOFF entweder einer der dünneren Seitenäste des am dorsalen Axenrand befindlichen Längsstammes stärker entwickelt war als gewöhnlich und deshalb von ihm als dritter separater Längsstamm aufgefasst wurde, oder dass bei den vielen technischen

Schwierigkeiten der Präparation ein Irrthum bei dieser vorliegt. In meinen Präparaten fand ich nie 3 Längsstämme. Zieht man die Verhältnisse bei der Brustflosse mit in Betracht, so kann es nicht zweifelhaft sein, dass die Entstehung der Längsstämme an zwei Orte gebunden ist, nämlich an die Anheftungszone der Radien zu beiden Seiten der Axenglieder. Es giebt also bei der *Ceratodus*-Bauchflosse an jedem Hauptmuskel zwei Längsstämme.

Endlich unterscheidet sich der Verlauf der Beckenflossennerven von demjenigen bei der Brustflosse dadurch, dass bei ersteren diejenigen Aeste stärker entwickelt sind, welche vom Eintrittspunkt des Plexus anterior in die Musculatur aus rückläufig werden und in der Richtung auf den Extremitätengürtel hinziehen. Am Gelenkfortsatz des Beckens finde ich einen runden Buckel, welcher sich über die sonst glatte Fläche des Knorpels ein wenig erhebt¹⁾ (Taf XXVII, Fig. 2). Um diesen ziehen die Nervenäste im Bogen herum und versorgen die proximalen Theile des M. pteryg. comm. Bei der Brustflosse ist der Knorpelvorsprung nicht deutlich und der bogenförmige Verlauf sowie die Länge der rückläufigen Nerven wenig ausgebildet. Es hängt dies mit der verschiedenen, an der Beckenflosse stark, an der Brustflosse gering entwickelten Länge des Gelenkfortsatzes zusammen. Dabei zeigt der Nervenverlauf, dass die Musculatur sich vom Hüftgelenk aus proximalwärts vorgeschoben hat in dem Maasse, als sich der grössere Gelenkfortsatz ausbildete. Die Verlängerung des Gelenkfortsatzes beim Becken gegenüber seiner Kürze beim Schultergürtel ist eine progressive Bildung.

Auch bei der Beckenflosse bietet die laterale Seite, gegenüber der medialen, bezüglich ihrer Nervenversorgung so geringfügige Unterschiede, welche innerhalb der auch medial vorkommenden Variationsbreite fallen, dass sie hier übergangen werden können.

c) Zusammenfassung und Schlüsse:

Die Dipnoerflosse.

Die Aehnlichkeit der beiden Flossen des *Ceratodus* in ihrer Structur, welche alle Untersucher betonen, hat auch diese Arbeit erwiesen. Nicht nur in der äusseren Form und im Bau des Skelets, sondern auch in der Anordnung der Musculatur und namentlich des Nervensystems wiederholt die eine Flosse in allen wesentlichen Eigenschaften die Einrichtungen der anderen. Nur in untergeordneten Punkten bestehen Differenzen, indem beispielsweise die distalen Plexusverbindungen bei der Bauchflosse inniger geworden sind und zu Längsstambbildungen von einer Ausdehnung geführt haben, welche ich bei der Brustflosse nicht sah. Die Verschiebung der Muskelfasern, welche diese Verflechtungen der Nerven veranlasst, ist also bei der Beckenflosse gesteigert und damit ein secundärer Process weiter geführt als bei der vorderen Extremität. Denn auch beim *Ceratodus* ist, wie bei Selachiern, die erste Anlage der Musculatur in der Ontogenie eine metamere. Die Vermischung haploneurer Muskelfasern zu polyneuren Muskeln ist erst später erworben. Im Uebrigen sind bei der Beckenflosse Unterschiede gegenüber der Brustflosse bezüglich der Zahl der sie versorgenden Nerven gegeben, welche mit der Stellung der Beckenflosse und den zur Erreichung dieser nöthigen Verschiebungen zusammenhängen.

Stellung der Vorder- und Hintergliedmaasse.

Gegenüber der Aehnlichkeit in der Structur der Flossen ist die Ruhestellung der beiden Extremitäten eine direct entgegengesetzte. SCHNEIDER (1886, 1887) hat zuerst nachgewiesen, dass der obere Rand der

¹⁾ Nicht zu verwechseln mit dem grossen lateralen Fortsatze dieses Knorpels, an welchem die Rumpfmusculatur befestigt ist (GÜNTHER, v. DAVIDOFF).

Brustflosse in der Form seines Contours dem unteren der Beckenflosse entspricht, dass Vorsprünge und Furchen am Skelet bei der ersteren dorsal, bei der letzteren ventral liegen und dass die Seitenradien des Axenstrahles beider Flossen sich, wenn man diese herauspräparirt und neben einander legt, genau spiegelbildlich verhalten. Neuerdings hat SEMON (1898) gezeigt, dass auch in der Ontogenie von beiden Flossenanlagen eine direct entgegengesetzte Wachstumsrichtung eingeschlagen wird, indem die Brustflossenfalte dorsalwärts, die Beckenflossenfalte ventralwärts wächst.

Schon SCHNEIDER hat die Vermuthung ausgesprochen, dass die Flossen des *Ceratodus* um 180° gegen einander gestellt seien. Nach dieser Auffassung soll die Structur der Flossen primär gleich gerichtet gewesen und die Stellung secundär erworben sein. Man könnte sich aber auch mit HOWES (1887) vorstellen, dass die Stellung der Extremitäten die primäre geblieben, die Aehnlichkeit der Form aber das Secundäre sei, da ähnliche Wirkungen der Aussenwelt auf entgegengesetzte Ränder zweier Flossen wohl denkbar sind und eine Convergenzbildung hervorgerufen haben könnten. Von Wichtigkeit war dafür der Befund von HOWES, welcher bei ein und demselben Thiere das Skelet der einen Bauchflosse von direct entgegengesetzter Form wie dasjenige der anderen Seite fand (l. c. Taf. II, Fig. 2).

Das Nervensystem entscheidet jedoch diese Frage zu Gunsten der Annahme SCHNEIDER'S, welcher auch bisher die meisten späteren Autoren gefolgt sind. Die Eintrittsstellen der Flossennerven liegen bei der Brustflosse an deren unterem ventralen, bei der Beckenflosse jedoch am oberen dorsalen Rande. Von diesen einander entgegengesetzten Stellen findet die distale Vertheilung der serialen Nerven an die Flosse in entgegengesetzter Weise statt, da bei der Brustflosse der dorsale Rand von mehr cranialwärts entspringenden Nerven als der ventrale Rand versorgt wird, umgekehrt bei der Beckenflosse dagegen sich gerade beim ventralen Rande solche Nerven nachweisen lassen. Prä- und postaxiale Partien sind also bei beiden Flossen direct gegen einander vertauscht.

Dieser Befund ist nur so zu verstehen, dass bei der Brustflosse einst der dorsale Rand mehr vorn am Körper gelegen haben muss als der ventrale und auf diese Weise das Material von mehr cranialwärts liegenden Myomeren empfing als der weiter caudalwärts liegende, spätere ventrale Rand. Bei der Beckenflosse war das Umgekehrte der Fall. Dort lag ursprünglich der ventrale Rand cranialwärts, der dorsale caudalwärts.

Damit ist erwiesen, dass die Structur des Muskel- und Nervensystems eine primär homodyname ist. Das Gleiche gilt danach auch für das Skelet¹⁾ und die äussere Form.

Für die Reconstruction der ursprünglichen Stellung der Flosse ist den Befunden an Musculatur und Nervensystem zu entnehmen, dass die Anheftungslinie der Flosse an den Rumpf in cranio-caudaler Richtung verlief, also horizontal lag. Denn der Plexus anterior tritt bei beiden Flossen cranial vom Plexus posterior durch die Rumpfwand an den Flossenrand heran. Dieser, bei der vorderen Extremität der untere, bei der hinteren der obere, ist die älteste Befestigungsstelle der Flosse an der Rumpfwand. Nur so ist es zu verstehen, dass die Nerven diesen Weg benutzen, um zu ihren Endgebieten zu gelangen.

Auch die Musculatur ist mit ihren Ursprüngen noch dorsal und ventral gelagert, was der horizontalen Anheftungslinie entspricht. Denn bei allen niederen Fischen finden sich die beiden Hauptmuskeln der Flosse auf entgegengesetzten Seiten derselben. So würden bei horizontaler Anordnung des Skelets an der Anheftungslinie der Flosse dorsal und ventral von dieser befindliche Bezirke liegen. Bei der Brustflosse werden dieselben von der Musculatur in der That innegehalten, und zwar um so deutlicher, als eine secundäre Ausdehnung der Ursprungsbezirke ventral- und dorsalwärts stattgefunden hat²⁾. Bei der

1) In dem Fall von HOWES (s. o.) wäre zur Beurtheilung der vorliegenden Abnormität die Kenntniss des Nervenverlaufes erforderlich.

2) Siehe weiter unten.

Beckenflosse dagegen ist das Verhältniss mit der Reduction des dorsalen Theiles des Extremitätenbogens undeutlicher geworden, immerhin aber noch zu erkennen.

Schliesslich sprosst nach SEMON (1898, p. 68) die früheste embryonale Anlage der Extremität als eine längs des Körpers verlaufende kleine Falte bei beiden Flossenanlagen aus der Rumpfwand hervor, wendet sich aber zugleich in die für die fertigen Flossen typische, entgegengesetzte Richtung.

Die Entstehung der primären, horizontal verlaufenden Anheftungslinie der Extremitätenanlage am Rumpfe kann auf zweierlei Ursachen beruhen. Es sind die Spinalnerven und Myomeren, deren Material die Flossennerven und -muskeln entstammen, in dieser Richtung hinter einander angeordnet. Da viele von ihnen an der Versorgung der Flossen betheiligt sind, ist die horizontale Lage der Eintrittspforte für die Einwanderung des Rumpfmateriale in die freie Flosse offenbar eine Function der Lage des letzteren. Einmal könnte nur hierauf die Stellung der Anheftungslinie beruhen und die senkrechte Lage der Flossen im Uebrigen die primäre sein. Ausserdem könnte aber die freie Flosse von vornherein horizontal gestanden und erst später die senkrechte Ruhelage des ausgebildeten Thieres erworben haben.

Im ersteren Falle müsste eine der beiden Extremitäten im Laufe der Entwicklung eine Drehung von 180° um ihre Axe gemacht haben, um ihre Ruhelage zu erreichen; denn die Befestigungsstelle am Rumpfe liegt gerade am entgegengesetzten Flossenrande wie bei der anderen. Im letzteren Falle würden beide Flossen je eine Drehung um 90° , aber in entgegengesetzter Richtung vollzogen haben.

Nach den Untersuchungen von HATSCHKE (1889) und den Beobachtungen von SEMON (1898, 1899A) und THOMSON kann die Lage der Flossen, wenigstens diejenige der vorderen Extremität, ausserordentlich schwanken. Von der Ruhelage aus vermag der Lungenfisch seine Brustflosse in „Stützstellung“ (SEMON) zu bringen, bei welcher die gleiche Position wie bei der Beckenflosse erreicht wird. Es berühren dann bei beiden Flossen homodynamische Contouren und Radien den Boden (Textfigur 4, p. 154), und die Uebereinstimmung der Form und Anordnung derselben wird verständlich aus der gleichen Function.

Bei einer solchen Veränderlichkeit der Stellung der Brustflosse, welche sich beim *Ceratodus* unter unseren Augen vollzieht, würde die Bedeutung derselben für die Anheftung der Extremität an der Rumpfwand sicher unwesentlich sein. Wir haben jedoch zu fragen, ob statt derselben nicht früher eine engere Verbindung mit dem Rumpfe vorhanden war, und ob die Beweglichkeit nicht ein jüngerer Erwerb der *Ceratodus*-Brustflosse ist? Bei der hinteren Extremität ist dieselbe an sich geringer und wesentlich auf die verticale Stellung beschränkt, welche die Ruhelage derselben bildet (HATSCHKE 1889, p. 89—90).

Die Beantwortung dieser Frage ist nach den morphologischen Verhältnissen des Lungenfisches selbst, auch während seiner Entwicklung, zur Zeit nicht zu geben. Es lässt sich zwar anführen, wie ich bereits früher erwähnte (1898, p. 318), dass ein Plexus anterior und ein Pl. posterior innerhalb der Rumpfwand bei beiden Flossen noch zu unterscheiden und dass ersterer mit letzterem secundär verschmolzen ist. In früheren Zeiten, als beide Geflechte noch getrennt waren, muss der Abstand zwischen ihnen und damit die Anheftungslinie der Flosse an der Rumpfwand länger gewesen sein als jetzt. Auch der Radienbesatz des 1. Axengliedes des Flossenskelets, welcher bei der embryonalen Flosse noch existirt (SEMON, 1898), später aber bis auf gelegentliche Reste (GÜNTHER, 1871, v. DAVIDOFF, 1883, HASWELL 1883, HOWES, 1887) verloren geht, ist für eine einstweilen breitere Flossenbasis zu verwerthen, falls die Extremitätenplatte ursprünglich horizontal stand. Es lässt sich aber erst durch den Vergleich mit anderen Fischen feststellen, inwieweit diese Verhältnisse für die ursprüngliche Form und Stellung der Flosse von Wichtigkeit sind.

Eine Bedeutung für diese Frage kommt auch der ursprünglichen Muscularisirung der Flosse vom Rumpfe aus zu. Bei *Ceratodus* ist die axiale Extremitätenmuskulatur durch quer zur Axe verlaufende Inscriptioes tendineae in Abtheilungen zerlegt. Manche Autoren, und sogar neuerdings noch L. BOLK

[1898, p. 196]¹⁾, beharren bei der Meinung, es handle sich hier um eine metamere Gliederung, obwohl bereits v. DAVIDOFF durch seine neurologischen Untersuchungen nachwies, dass sie „nicht metamerer Natur und wahrscheinlich durch Anpassung an die Gliederung der Stammreihe entstanden sind“ (1884, p. 160). Ein Blick auf seine Abbildung (Taf. IX, Fig. 7) genügt, um dies sofort klar zu machen. Auch in der Entwicklungsgeschichte erscheinen diese Zwischensehnen erst spät (SEMON, 1898, p. 79) und unabhängig von der metameren Anlage der Extremitätenmusculatur.

Dagegen versorgen die Nerven der *Ceratodus*-Flosse wie bei den Extremitäten aller Wirbelthiere die Gliedmaassen in der Art, dass mehr proximal liegende Theile desselben Muskelzuges von mehr cranial entspringenden Nerven und mehr distal liegende von mehr caudal entstehenden versorgt werden. Im Detail liess sich bei *Ceratodus* wegen der grossen Complication der Nervengeflechte dieser Beweis nicht durchführen. Dagegen stimmen die wenigen Befunde, die ich machen konnte, so gut mit meinen Erfahrungen an der Selachierextremität überein, dass im Allgemeinen dieselben Beziehungen in dieser Richtung bei beiden Gliedmaassen bestehen dürften. Ich verweise deshalb auf das Capitel über die Nerven der Selachierflosse.

Dagegen sind die Nerven in anderer Weise zu den Inscriptionen angeordnet, als dies gewöhnlich der Fall ist. Im Allgemeinen verlaufen die Hauptnervenzweige, bei der Rumpfmusculatur wenigstens, in der Richtung der Zwischensehnen. Sie liegen zwischen 2 Muskelsepten und zwar meistens in der Nähe eines derselben oder unmittelbar auf ihm. Da die Inscriptionen die Ruhepunkte im Spiel der Muskeln sind, ist eine solche Lage offenbar sehr günstig als Schutz gegen Zerrungen und anderweitige Störungen der nervösen Leitung durch Muskelactionen. Auch beim *Ceratodus* sind die Rr. ventrales der Spinalnerven in der Bauchwand so angeordnet (BRAUS, 1898, Taf. IX).

Bei einer genaueren Untersuchung der Bauchwand niederer Fische erweist sich jedoch dieses Verhalten nicht als primitiv. Es sei mir deshalb ein kleiner Excurs gestattet, um ein für das Verständniss der Zwischensehnen der *Ceratodus*-Flosse vielleicht wichtiges Moment hervorheben zu können.

Pseudometamerie der ventralen Rumpfwand bei Selachiern und Dipnoern, eine Parallele zu ähnlichen Einrichtungen der *Ceratodus*-Flosse.

Durch WIKSTRÖM (1897) ist der Nachweis geführt worden, dass die ventrale Partie der Bauchwand der Fische im Gegensatz zu den mehr dorsalen Theilen und wahrscheinlich zur Rückenmusculatur ihre metamere Structur verloren hat. Ich habe die bisher leider nur in einer kurzen Notiz fixirten Resultate des Autors bei meinen Untersuchungen bestätigt gefunden und schon früher angegeben, dass bei Notidaniden die zwischen 2 Inscriptionen eingeschlossene Muskelmasse von verschiedenen (von 7 und mehr) Spinalnerven versorgt werden kann (1898, p. 293). Ich gebe in Taf. XXIV dieser Arbeit eine Abbildung der inneren Bauchwandfläche eines *Hexanchus*, bei welchem die Nervengeflechte präparirt sind. Bei Auflösung derselben, welche bei subtilster Präparation an vielen Stellen sicher gelang, liessen sich die einzelnen serialen Nervenzweige bis in ihre Endgebiete verfolgen. Es ist z. B. der in der Figur mit *IV* bezeichnete ventrale Muskelbezirk von Aesten des 11., 10., 9., 8., 7., 6., und 5. Spinalnerven versorgt. Bei den folgenden ist die Zahl der innervirenden Aeste in serialer Hinsicht nicht geringer. Es scheiden jedoch immer mehr Aeste vorderer Spinalnerven (5., 6. u. s. w.) aus, und neue Aeste von weiter caudalwärts liegenden Myotomen (12., 13. u. s. w.) treten dafür ein.

1) In der Abbildung von L. BOLK sind die Zwischensehnen gerade in entgegengesetzter Richtung gekrümmt zu derjenigen, welche in Wirklichkeit vorhanden ist.

Die zwischen zwei Inscriptioes tendineae liegenden Muskelbezirke täuschen also durch ihre äussere Aehnlichkeit mit metameren Muskelbezirken nur eine primäre Segmentation vor. In Wirklichkeit ist die ursprüngliche Metamerie des Muskelsystems durch eine neue ersetzt, ähnlich wie dies bei der vor dem Schultergürtel liegenden spinalen Strecke bei Selachiern durch FÜRBRINGER (1898, p. 400 und 403) eingehend nachgewiesen wurde. Ich nenne die betreffenden Bezirke *Pseudomyomeren* (-myotome), um sie von den eigentlichen Myotomen resp. Myomeren (*Eumyomeren*, *Eumyotomen*) zu unterscheiden, welche allgemein als *haploneur* angesehen werden. Es liegt auf der Hand, dass diese Verhältnisse von hoher Bedeutung für die Auffassung der Segmentation der Bauchwand höherer Thiere sind und sehr misstrauisch gegen solche Angaben stimmen müssen, welche für diese einen *haploneuren* Bau der Segmente behaupten.

Ob bei *Hexanchus* einzelne *polyneure* Segmente von mehr als 7 Spinalnerven versorgt werden, wie es bei Betrachtung der Taf. XXIV den Anschein hat (z. B. VII. und VIII. Segment), kann ich nicht sicher angeben. Die Auflösung der Plexusverbindungen gelang nicht überall, und so blieb die schliessliche Endigung mancher Nerven unbestimmt. Doch halte ich eine hochgradigere *Polyneurie* an diesen Stellen für wahrscheinlich.

Bei höheren *Squaliden* ordnen sich die Nervenstämme in der Weise um, dass die feineren Aestchen, welche die Quer- und Schrägverbindungen der grösseren bei *Hexanchus* bilden, allmählich immer mehr Nervenfasern in sich vereinigen und an Stärke schliesslich die ursprünglichen Hauptstämme übertreffen. Die feineren Queranastomosen haben nämlich den Vortheil, mehr in der Richtung je eines *polyneuren* Segmentes, also einer mechanischen Muskeleinheit, zu verlaufen. Manche von ihnen liegen unmittelbar neben den *Inscriptioes tendineae*, den Ruhepunkten bei der Bewegung der Muskeln, und sind offenbar dadurch den Hauptstämmen gegenüber im Vortheil, welche über viele *polyneure* Segmente hinüberlaufen.

Auf Taf. XXIV sieht man dorsal von der, bei der Präparation entfernten *Vena parietalis* feine, zu Geflechten vereinigte Seitenästchen des 8. und 9. Spinalnerven und der folgenden ungefähr den *Inscriptioes tendineae* folgen. Auch ventral von der *Vena parietalis* sind manchmal auf längere Strecken Nervenästchen den *Inscriptioes* angelagert. Hier ist aber schon kein so auffallender Unterschied mehr wie weiter dorsal zwischen Haupt- und Nebenästen vorhanden. Die Durchflechtung der Nervenfasern ist eine sehr verwickelte. Bei Auflösung der Plexus sieht man häufig, dass die in der Richtung der *Inscriptioes* verlaufenden Bestandtheile eines *serialen* Nerven stärker und reicher an Nervenfasern sind als die schräg verlaufenden. Links oben ist z. B. auf der Taf. XXIV die mit x bezeichnete Nervenverknüpfung der Hauptfigur nach vollendeter Auflösung gezeichnet. Derjenige Bestandtheil des 6. Spinalnerven, welcher der *Inscriptio* folgt (*Horizontalast*), ist an der Theilungsstelle deutlich kräftiger als der quer zu ihr verlaufende (*Verticalast*). Beim 5. Spinalnervenast sind die Bestandtheile ungefähr gleich gross.

Es ist also schon eine Umkehr des Verhältnisses gegenüber den Nerven dorsal von der *Vena parietalis* angebahnt. Noch deutlicher wird dies bei *pentanchen Squaliden*. Bei *Acanthias* z. B. (Textfigur 6) sind die quer zu den *Inscriptioes* verlaufenden Aeste der Spinalnerven ventral von der *Vena parietalis* noch erhalten. Ueberall dagegen sind ausserdem Aeste entwickelt, welche den *Zwischensehnen* folgen, oder solche, welche nur ein *polyneures* Segment überkreuzen. An manchen Stellen, z. B. beim II., III., IV., V. und VI. *polyneuren* Segment ist ventral von der *Vena parietalis* ein ziemlich deutlicher Stamm entstanden, welcher die *Zwischensehne* begleitet und gegen welchen die schräg und quer zu ihr verlaufenden Aestchen zurücktreten.

Weniger übersichtlich sind die Verschiebungen in dem dorsal von der *Vena parietalis* liegenden Bezirk des Bauchmuskels. Dieser ist bei *Acanthias* auch stark vereinfacht gegenüber *Hexanchus*. Die Zahl der Geflechte zwischen den einzelnen Spinalnerven ist aber, soweit die Ergebnisse meiner Präparation eine

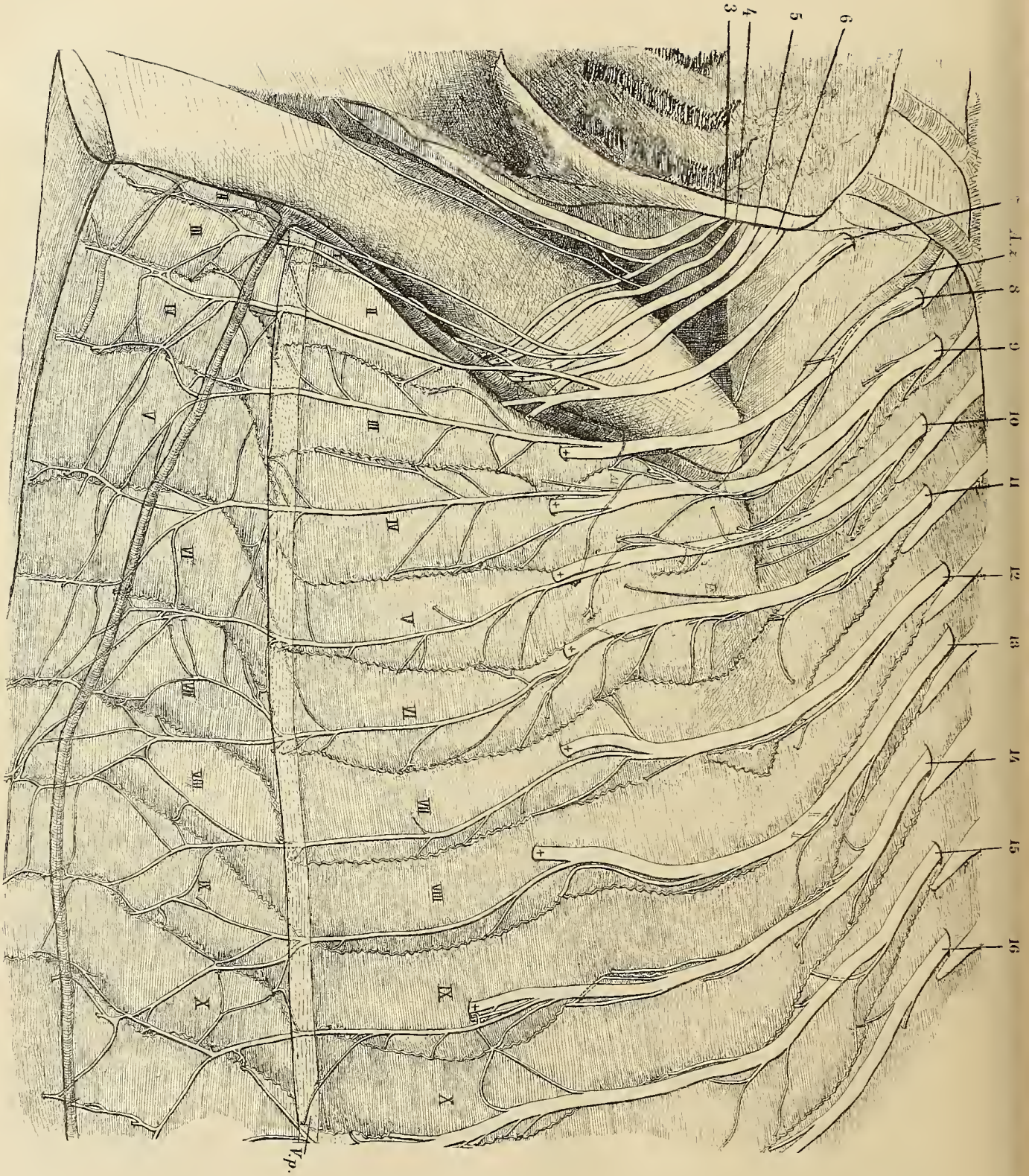


Fig. 6. Bauchmuskulatur von *Acanthias vulgaris* Risso, 2mal vergrößert, von innen gesehen, mit den Rr. ventrales der vorderen Spinalnerven (3—16). Die Äste der Rr. ventr., welche zur Extremität verlaufen (Rr. pterygiales communes) sind mit + bezeichnet. Die lateinischen Ziffern geben die Pseudomyomeren in ihrer Reihenfolge vom Schnitrgürtel ab an. A. s. Arteria zonalis (subclavia). V. p. Vena parietalis.

Beurtheilung gestatten, nicht so gross, als dass auch hier die den Segmenten folgenden Nerven aus Aesten mehrerer serialer Nerven bestehen könnten. Im Hinblick auf die ventral von der Vena parietalis liegende Bauchmusculatur und deren secundäre Veränderung ist es im höchsten Grade unwahrscheinlich, dass bei *Acanthias* hier primitivere Verhältnisse als bei *Hexanchus* vorliegen sollten. Auch sah ich manchmal Seitenästchen der Hauptnervenstämmen in dieser Zone quer zu den Inscriptionen verlaufen und in einem ganz anderen Segment enden als demjenigen, welchem der Hauptnervenstamm folgte. In der Fig. 3, Taf. XXIII, ist der ausgeprägteste Fall derart, welcher mir zu Gesicht kam, abgebildet. Der betreffende Seitenast des 15. Spinalnerven überquert in der Höhe des Durchtrittes der Flossennerven durch die Bauchwand (vergl. Textfigur 6) drei polyneure Segmente, um sich in das letzte einzusenken. Freilich enden solche Aeste sehr häufig früh, ohne mittelst Plexusbildung eine Fortsetzung bis gegen die Bauchmittellinie hin zu finden.

Es scheinen also die Umwandlungen der Bauchmusculatur und mit ihnen diejenigen des Nervensystems dorsal von der Vena parietalis noch hochgradiger zu sein als ventral von derselben. Dass die Gegend der Vena parietalis eine Art Grenze zwischen zwei sich verschieden entwickelnden Zonen ist, geht auch daraus hervor, dass bei *Acanthias* die Zwischensehnen und polyneuren Muskelsegmente in der Nähe des Schultergürtels dorsal und ventral von dieser Grenze gegeneinander etwas verschoben sind. An das I. Segment stösst das II., an das II. das III. etc. (Textfig. 6).

Bei *Ceratodus* ist ein Stadium erreicht, in welchem die Hauptnervenstämmen (Rr. ventrales) der Bauchmusculatur allenthalben den Inscriptiones tendineae folgen [BRAUS, 1898, Taf. IX, Fig. 1¹⁾]. Die Hauptstämmen sind durch ein dichtes Geflecht feiner und feinsten Anastomosen verbunden. Dieselben laufen an manchen Stellen zu vielen an einem Ursprungs- und Vereinigungspunkt zusammen. Solche können dann Ganglien ähnlich sehen, enthalten aber nur periphere, sich kreuzende und verschlingende Nervenfasern. In diesem Gewirr von Nerven sind die alten Bahnen nicht mehr, wie bei Selachiern, zu erkennen. Sie sind gegenüber den neuen kräftigen Nervenstämmen, welche den Inscriptiones folgen, weit zurückgeblieben und von ihren ehemaligen Seitenästen nicht mehr zu unterscheiden.

Der Grund der Veränderungen in den ventralen Theilen der Rumpfmusculatur ist in allen denjenigen Umwälzungen zu suchen, welche die Metamerie des Rumpfes und seiner Theile stören. Unter diesen spielen an dieser, dem Schultergürtel benachbarten Stelle der Bauchwand gewiss die Wanderungen der Extremitäten und speciell die Verschiebung der Vordergliedmaasse die Hauptrolle. Bei *Ceratodus* ist die cranialwärts gerichtete Wanderung des Schultergürtels eine ganz besonders starke und beträchtlicher als bei den hexanchen und pentanchen Haien (BRAUS, 1898, Taf. XVII).

Aus diesem Excurs in das Gebiet der, leider noch einer genaueren Durcharbeitung harrenden Morphologie der Bauchwand niederer Fische dürfte hervorgehen, dass die Lage der Nerven zu den Zwischensehnen bei der *Ceratodus*-Flosse zwar sehr absticht gegen die topographische Anordnung beider Gebilde in der Bauchwand dieses Thieres, dass aber ursprünglich bei letzterer Verhältnisse geherrscht haben, welche den jetzt bei der Flosse bestehenden ziemlich ähnlich waren.

Es wäre also wohl denkbar, dass in den Zwischensehnen der *Ceratodus*-Flosse Reste einer ursprünglich metameren Segmentation der Musculatur vorliegen, ebenso wie in den Inscriptiones tendineae der Bauchmusculatur. Man könnte ihnen, um ihre Umwandlung anzudeuten, den Namen polyneure Zwischensehnen geben. Ich möchte nicht unterlassen, nochmals hervorzuheben, dass diese Ansicht durchaus verschieden ist von derjenigen, welche irrthümlicher Weise der *Ceratodus*-Musculatur eine Metamerie supponirt.

1) Vollständig gezeichnet sind in dieser Figur nur die Aeste der cranialen Nerven (bis *b* incl.). Vom Nerv *e* ist nur ein Theil der Seitenäste und von *4* sind nur wenige proximale Nerven wiedergegeben. Bei letzteren sieht man jedoch die Lage der Hauptnervenstämmen zu den Zwischensehnen.

Denn was die letztere als bestehend annimmt, scheint mir nur in lang vergangenen Zeiten möglich gewesen zu sein. Die Metamerie der Muskeln ist durch hochgradige Umlagerungen der Fasern aufgehoben.

Bei *Ceratodus* ist in der Ontogenese nichts von diesen Processen erhalten. Bei ihm selbst ist daher nach unserer jetzigen Kenntniss kein weiterer Aufschluss über diesen Theil der Geschichte der Extremitäten zu erlangen. Es liegt aber auf der Hand, dass hier Momente gegeben sind, welche für die Entstehung und ursprüngliche Stellung der Extremität, sowie ihre Anheftung an die Bauchwand Bedeutung haben. Eine Einwanderung der Musculatur senkrecht zur Flossenaxe, welche der Lage der Inscriptionen entspräche, würde einen engeren Verband der Extremität mit der Bauchwand nothwendig erscheinen lassen, als eine solche, welche in der Richtung der Axe erfolgt. Denn im letzteren Falle könnte die Befestigung des basalen Endes der Axe am Schultergürtel für die Muskeleinwanderung vom Rumpf zur Flosse genügen.

Anheftungen der Muskeln am Skelet und Wirkung derselben.

Die Musculatur der *Ceratodus*-Flosse hat sich an verschiedenen Stellen von der ausschliesslichen Befestigung an den Zwischensehnen, welche bei Zurückführung derselben auf ursprüngliche Bestandtheile für eine primäre gelten müsste (vergl. Cap. IIc: Selachier- und Dipnoerflosse), emancipirt.

Zunächst ist eine grosse Anzahl von Fasern am Schulter- und Beckengürtel befestigt. Diese haben bei der Brust- und Beckenflosse eine verschiedene Richtung in progressiver Entwicklung eingeschlagen. Bei der vorderen Extremität ist dieselbe ventral- und dorsalwärts erfolgt. Besonders deutlich wird dies beim ventro-lateralen Hauptmuskel durch einen isolirten Ast von Nerv *a* (+ *z*?) illustriert, welcher die Richtung der Ursprungsverschiebung der Muskelfasern durch seine rein ventrale Lage angiebt (Taf. XXII, Fig. 1).

Bei der Beckenflosse dagegen haben die Ursprünge am Extremitätengürtel sich mit der Reduction des dorsalen Theiles desselben in proximaler (rostraler) Richtung ausgedehnt. Auch hier zeigen Nerven den Weg an, welchen die Musculatur genommen hat. Die Aeste der rostralen Flossennerven verlaufen von ihrer Eintrittsstelle in die Musculatur im Bogen cranialwärts (Taf. XXVII, Fig. 2). Der lange Gelenkfortsatz des Beckens (*G*), welcher beim Schultergürtel nicht in dem Maasse vorhanden ist, ist offenbar eine Anpassung an die kräftige Ursprungsportion der Muskeln, welche in der Richtung, die noch jetzt ihre Nerven einschlagen, vom Knorpel Besitz ergriff.

Die Zwischensehnen erstrecken sich nicht durch die ganzen Hauptmuskeln. Die Randpartien der letzteren stehen in enger Verbindung mit den Hornfäden des äusseren Skelets. Dadurch tritt eine Beschränkung der Inscriptionen auf die Stammzone der Musculatur ein, welche schon früheren Untersuchern (v. DAVIDOFF, SCHNEIDER etc.) bekannt war (Taf. XXI).

Die Musculatur des ventralen und dorsalen Randes ist nach ihren Insertionen an den Hornfäden angeordnet und hat in Folge dessen eine zur parallelfaserigen Richtung der axialen Musculatur divergirende Stellung eingenommen. Die Muskelfasern gerathen dadurch in dieselbe Verlaufsrichtung wie die Zwischensehnen, und diese kommen in Folge dessen als überflüssig in Fortfall. Solche Fälle sind z. B. bei der Bauchmusculatur höherer Thiere durch SEYDEL (1891) beschrieben worden. Nur auf kurze Strecken sind die Inscriptionen mit ihren lateralen Rändern dem Verlauf der seitlichen Muskelfasern angepasst. Bei der Brustflosse z. B. biegen die ventralen Enden der 3 vordersten Inscriptionen rechtwinklig um und erhalten dadurch die gewöhnliche, zum Muskelfaserverlauf senkrechte Stellung (Taf. XXI, Fig. 2, 3). Am präaxialen Rande spalten sich die Inscriptionsenden bei 2 Zwischensehnen der Brust- und einer der Beckenflosse (Taf. XXI, Fig. 2 und 1) aus gleichen Gründen.

Aber selbst in der Stammzone der Musculatur sind die Inscriptionen nicht die einzigen Befestigungsstellen für Muskelfasern. Namentlich am 1. Axenglied entspringen terminal- und inseriren basalwärts von

der Inscriptio Muskelfasern am Knorpel (Textfigur 2, p. 151, Ursprungspunkte: Kreuze; Insertionsstellen: Tüpfel). An den weiter terminal liegenden Axengliedern sind wesentlich Ursprungspunkte am Innenskelet von Muskelfasern gewonnen. Da die Inscriptionen selbst mit dem Perichondrium in Verbindung stehen, ist die Ueberwanderung von Anheftungspunkten der Muskeln von den Zwischensehnen auf den Knorpel leicht zu verstehen. Man findet in der That alle Uebergänge von geringer bis zu ausgedehnter Besitzergreifung des Knorpels durch Muskelursprünge (Taf. XXI, Fig. 9).

Da, wo die Inscriptionen fehlen, an den seitlichen Muskelpartien, ist die Anheftung von Fasern am inneren Skelet sehr ausgeprägt. Besonders sind es die Insertionen, welche hier mit dem Knorpel in Verbindung getreten sind. Ueber den Radienbesatz der postaxialen Seite der Flosse ziehen die Muskelfasern schräg zur Längsaxe der Knorpel hin. Am präaxialen Rande dagegen verlaufen sie in der Richtung der Knorpelradien. Im letzteren Falle haben sie offenbar eine stärkere Wirkung auf das innere Skelet und können die Radien, zumal da, wo ein stark reducirter Flossensaum besteht, wie beim proximalsten Radius (Taf. XXI, Fig. 1–2), kräftiger und mehr für sich bewegen, als dies auf der postaxialen Seite möglich erscheint. Sie sind in Folge dessen an dieser Stelle gegen die axiale Musculatur durch eine besondere Grenzlinie abgesondert.

Diese Differenzirung der Musculatur steht in innigem Wechselverhältniss zu dem Bau des knorpeligen Skelets und den Functionen der *Ceratodus*-Flosse, welche in diesem Bande durch SEMON eingehend geschildert worden sind und welch' letztere, abgesehen von den älteren mit ihnen in Einklang stehenden Beobachtungen von RAMSAY (1877), neuerdings durch denselben Autor (1899A) eine Ergänzung auf Grund der Beobachtungen von THOMSON am lebenden *Ceratodus* gefunden haben. Ich verweise wegen des Details auf die specielle Beschreibung der Musculatur des *Ceratodus* (p. 149–155) und fasse hier nur kurz die Resultate zusammen. Bei dem Vergleich der Dipnoer- und Selachierflosse werde ich Gelegenheit nehmen, auf diese Verhältnisse zurückzukommen.

Für eine freiere Beweglichkeit ist ausser dem Schulter- resp. Hüftgelenk bei der *Ceratodus*-Flosse das zwischen 1. und 2. Axenglied liegende Gelenk seinem anatomischen Bau und den Muskelverhältnissen nach eingerichtet. Ausserdem ist der 1. präaxiale Seitenstrahl durch besondere Anpassung der betreffenden Inscriptio tendinea, durch die Lage der Muskelfasern und die starke Reduction der an seinem distalen Ende befindlichen Hornfäden zu freierer Beweglichkeit im Stande als alle übrigen Seitenstrahlen.

Diese Beweglichkeit besteht in winkligen Knickungen der Theile gegen andere Theile des knorpeligen Skelets. Bei der ganzen übrigen Flosse nämlich besteht die Beweglichkeit des Knorpels nur in Biegungen seiner Theile, welche auch da, wo sie zusammenstossen, durch Vollgelenke (SEMON, 1899B) mehr verbunden als getrennt werden. Die Befestigungen der Inscriptionen und da, wo sie fehlen (namentlich am Seitenrand der Flosse), der Muskeln am Knorpel haben den Zweck, eine zu starke Durchbiegung des Knorpels zu verhindern und die Radien in dieselbe Richtung zu bringen, welche die Hornfäden einnehmen, um ein Losreissen der letzteren von ersteren zu verhindern (Textfigur 1 und 3, p. 151).

Im Uebrigen greift die Wirkung der Muskelfasern bei den Bewegungen der Flosse durch Biegung an den Hornfäden an. Die Angriffspunkte am inneren (Knorpel-)Skelet sind dabei rein accessorischer Natur.

Im Allgemeinen scheint der Lungenfisch die Biegbeweglichkeit seiner Flossen zum Schwimmen zu benutzen (Steuerung). Die Knickbeweglichkeit dagegen wird, abgesehen von derjenigen im Schulter- resp. Hüftgelenk, welche allen Fischen zukommt, nur beim Liegen auf dem Boden der Gewässer, beim Aufstemmen der Flossen auf den Untergrund (Textfigur 4, p. 154) angewendet.

Eine Parallele hierzu scheint bei denjenigen Knochenfischen zu bestehen, welche im Stande sind, sich mittelst ihrer Flossen auf dem Boden der Gewässer (Trigliden, Pediculaten, Umbriden)¹⁾ oder selbst auf dem Festland (Gobiiden, Blenniiden) aufzustützen oder sogar zu bewegen. Bei manchen von diesen ist es bekannt, wie ich der hierauf bezüglichen Zusammenstellung bei SIMROTH entnehme (1891, p. 344), dass sich etwas einem Ellenbogengelenk Aehnliches bei der vornehmlich in Benutzung stehenden Vorderflosse herausgebildet hat (bei *Lophius* und *Periophthalmus*), während bei allen schwimmenden Knochenfischen nur eine dem Schultergelenk functionell entsprechende Einrichtung besteht. Andererseits haben viele Landwirbelthiere, welche sich aufs Neue dem Wasserleben angepasst haben und Seethiere geworden sind, wie die Wale und manche fossile Reptilien (Ichthyo- und Sauropterygier), bekanntlich die freien distalen Gelenke, welche ihre landlebenden Verwandten besitzen, verloren und bewahren einzig das Schulter- bzw. Hüftgelenk.

II. Die Selachierflosse.

Bei den Selachiern ist es im Allgemeinen nicht schwierig die Musculatur der Extremitäten selbst und diejenige der Extremitätengürtel (Schulter- und Beckenmusculatur) zu unterscheiden. Es besteht noch nicht die innige Vermengung von Bestandtheilen beider Gruppen, wie sie z. B. bei den Musculi brachiales sup. und inf. einerseits und thoracici sup. und inf. andererseits bei der vorderen Extremität höherer Wirbelthiere (namentlich durch die Arbeiten von M. FÜRBRINGER, 1873—1900) bekannt sind. Vielmehr sind in den meisten Fällen die Schulter- und Beckenmuskeln gar nicht als besondere Muskeln vorhanden. Man findet sie in statu nascendi als Anfänge einer Abspaltung der Bauchmusculatur (GEGENBAUR, 1898, p. 672 u. f.). Ich beschränke mich, wie ich schon früher erwähnte, auf die ältere, bei niederen Fischen allein voll entwickelte Musculatur der eigentlichen Extremität und deren Nerven.

a) Myologie.

i. Die Musculatur der Brustflosse.

Die Musculatur der Brustflosse der Selachier hat bisher noch keine genauere Beschreibung gefunden. Es ist allerdings die wichtige Thatsache bekannt, dass dieselbe in zwei Hauptmuskeln, Mm. pterygiales communes, zerfällt, von welchen der eine die dorsale, der andere die ventrale Fläche des Flossenskelets bedeckt (MECKEL, 1828, DUMÉRIL, 1865, HUMPHRY, 1872 A). Ferner wissen wir, dass sich diese Muskeln in einzelne, im Allgemeinen der Richtung der Knorpelradialen folgende Bündel zerlegen lassen, für welche ich den Namen Mm. radiales vorschlug (1898 A, B). Dieselben wurden bei Rochen schon von MONRO (1785) abgebildet, bei Knorpelfischen überhaupt von MECKEL (1828) ihrer

1) Auf *Umbra cramerii* MÜLL. und deren Vermögen, den Körper mittelst der winklig gebogenen Flossen auf dem Boden aufzustützen, hat kürzlich KATHRINER (1899) aufmerksam gemacht. Doch ist dieses weder, wie der Autor anzunehmen scheint, das einzige Beispiel einer derartigen Anpassung bei Knochenfischen, sondern nur eines von vielen, zum Theil viel markanteren Fällen, noch ist SEMON das Vorkommen solcher bei Teleostiern entgangen (vergl. diesen Band, p. 85). Wenn schliesslich KATHRINER sagt, dass auf Grund solcher functioneller Anpassungen, welche denen der Dipnoerflosse ähnlich sind, eine analoge Annäherung zwischen der Flosse des Hundsfisches und der pentadactylen Extremität wie zwischen dieser und der Dipnoerflosse angenommen werden müsse, so vergisst er, dass die Teleostierflossen und ihre einzelnen Theile in Folge besonderer Metamorphosen des inneren Skelets einen ganz anderen morphologischen Werth als die Dipnoerflosse besitzen (GEGENBAUR, 1865 und 1898, p. 512 u. ff.). Eine phylogenetische Ableitung der fünfzehigen Extremität von der Flosse des Hundsfisches oder eines anderen Teleostiers ist undenkbar. Als Convergenzerscheinung verdienen jedoch die morphologischen Einrichtungen der Art bei Teleostiern Beachtung und sind wohl einer genaueren Untersuchung ihrer Weichtheile als der vorliegenden werth.

Zahl und Lage nach in Uebereinstimmung mit den Knorpelradien angegeben und auch in der neueren embryologischen Literatur bezüglich dieser Beziehungen erwähnt.

Die Hauptmuskeln, ihre Lage und Ausdehnung.

Ich lege meiner Schilderung die Brustflosse von *Acanthias vulg.* Risso zu Grunde, welche ich am genauesten untersucht habe. Man sieht an ihr die beiden Hauptmuskeln nach Entfernung der Haut als verhältnissmässig kurze Platten (MECKEL, 1828) den proximalen Theil der Flosse einnehmen. Sie enden dort, wo die Hornfäden beginnen. Das Knorpelskelet der Flosse reicht ein wenig, und zwar an verschiedenen Stellen verschieden weit, über die distale Muskelgrenze hinaus (Taf. XXIII, Fig. 2). Während die Muskeln gegen ihre distalen Enden hin platt sind und sich flächenförmig über das Skelet ausbreiten, nehmen sie gegen den Schultergürtel hin an Dicke zu. Denn der Ursprung sowohl des dorsalen wie ventralen M. pteryg. comm. erstreckt sich ziemlich weit am Schultergürtel hinauf und hinab (Taf. XXII, Fig. 2—4, Ansicht auf die mediale Fläche der Squalidenflosse).

Die rein dorsale und ventrale Lage der Muskeln ist jedoch an zwei Stellen gestört. Einmal setzt sich am lateralen Flossenrand der ventrale Muskel in eine dorsalwärts über die vom Flossenskelet repräsentirte Horizontalebene emporragende Region fort (Taf. XXIII, Fig. 3 B)¹⁾. Doch ist dies bei niederen Haien nicht oder doch nicht in dem Maasse der Fall. Die Abbildung von *Hexanchus* [Taf. XXIII, Fig. 4¹⁾] zeigt eine nur bei Kenntniss der Verhältnisse bei Spinaciden bemerkbare Ausdehnung des Muskels an dieser Stelle. Die betreffende Muskelpartie bei *Acanthias* ist der Beginn einer besonderen Differenzirung eines Abductors der Flosse, welcher den Notidaniden fehlt und deshalb nur für die höheren Haie von Wichtigkeit ist.

Eine andere Abweichung findet sich am distalen Theile der Flosse, an der Stelle, wo die von GEGENBAUR (1865, 1873) und BUNGE (1874) beschriebenen Knorpelstückchen sich befinden. Diese Knorpelstückchen, welche am medialen Rande des Metapterygium liegen und als Reste der verloren gegangenen Hälfte des biserialen Archipterygium aufgefasst werden, liegen stets so, dass sie nach abwärts schauen und dass die sie bedeckende dorsale Musculatur in mediale Lage geräth, die ventrale dagegen in laterale (Taf. XXII, Fig. 4). Es ist dies auch bei anderen Squaliden, speciell bei Notidaniden (*Hexanchus*, Taf. XXII, Fig. 2) der Fall. Bei *Hexanchus* lässt die dorsale Musculatur den am meisten medial liegenden Theil dieses Knorpels²⁾ frei. Man sieht ihn in Folge dessen in der Ansicht der medialen, der Rumpfwand anliegenden Flossenfläche frei vorliegen (vergl. Taf. XXII, Fig. 2 *x*). Dadurch wird die Stellungsänderung sehr deutlich; denn man sieht das dünne Knorpelchen (*x*) von der Fläche, das Metapterygium jedoch von der Kante.

Die beiden Flossenmuskeln sind ohne jede innigere Verbindung mit der Rumpfmusculatur. Der dorsale Muskel setzt sich zwar mit seinen Ursprüngen von dem dorsalen Theile des Schultergürtels (Scapula) ein wenig auf die Rumpfwand fort (Textfigur 7; eine Vene bedeckt die Ursprungslinie an dieser Stelle). Die Fasern entspringen jedoch von einer derben Fascie, welche sie völlig von der Rumpfmusculatur trennt. Am Ursprung des ventralen Muskels ist überhaupt keine Anlagerung an die Rumpfwand vorhanden. Die Muskelfasern verlassen den Knorpel (Coracoid) nicht, welcher einen besonderen, ihnen Ursprung gewährenden Muskelfortsatz (Processus muscularis) besitzt (Taf. XXII, Fig. 4 *Proc.*; auch bei GEGENBAUR, 1865, Taf. IV, Fig. 9 A, B abgebildet).

Bei *Hexanchus* fehlt die Fortsetzung des Ursprungs des dorsalen Muskels auf die Rumpfwand (Taf. XXIII, Fig. 2). Es sind hier die beiden Hauptmuskeln mit ihrem Ursprung, ihrer Insertion und in ihrem ganzen

1) Durch ein Versehen sind die beiden Figg. 3 B und 4, Taf. XXIII, im Vergleich mit allen übrigen Abbildungen auf den Kopf gestellt. Man denke sich den oberen (ventralen) Rand derselben nach unten schauend.

2) In meinem Exemplar war nur ein medialer Knorpelradius von relativ ansehnlicher Grösse vorhanden. GEGENBAUR bildet bei *Hexanchus* 2, bei *Heptanchus* einen ab (1865, Taf. IX, Fig. 1—2).

Verlauf an die Flosse und ihr Skelet gebunden. Andererseits haben höhere Haie mannigfache Aberrationen von Rumpfmuskeln an die Flosse. Am ausgeprägtesten und häufigsten sind sie bei Rochen. Bei *Raja fullonica* L. z. B. verlaufen zahlreiche isolirte Fasern oder Bündel von solchen an die Brustflossenmuskeln (Textfigur 8). Man kann bei der Schwierigkeit der Präparation leicht in Versuchung kommen, sie als Bestandtheile von Flossenmuskeln zu betrachten und damit eine Verbindung zwischen diesen und der

Fig. 7.

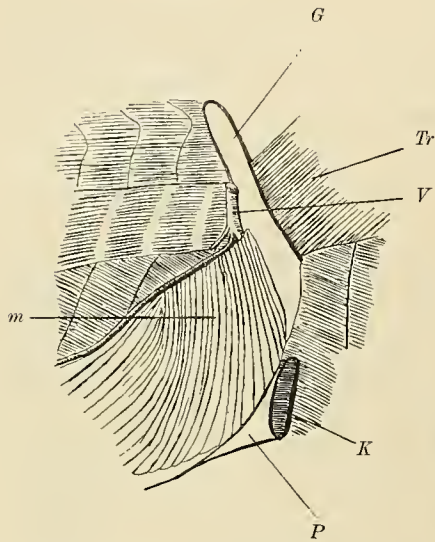


Fig. 7. Schultergürtel und Ursprung des dorsalen Hauptmuskels von *Acanthias* (von der Seite und oben gesehen). *G* Schultergürtel (Scapula), *Tr* M. trapezius, *m* dorsaler Hauptmuskel, *V* Vena, *P* Propterygium, *K* letzte Kiementasche.

Fig. 8.

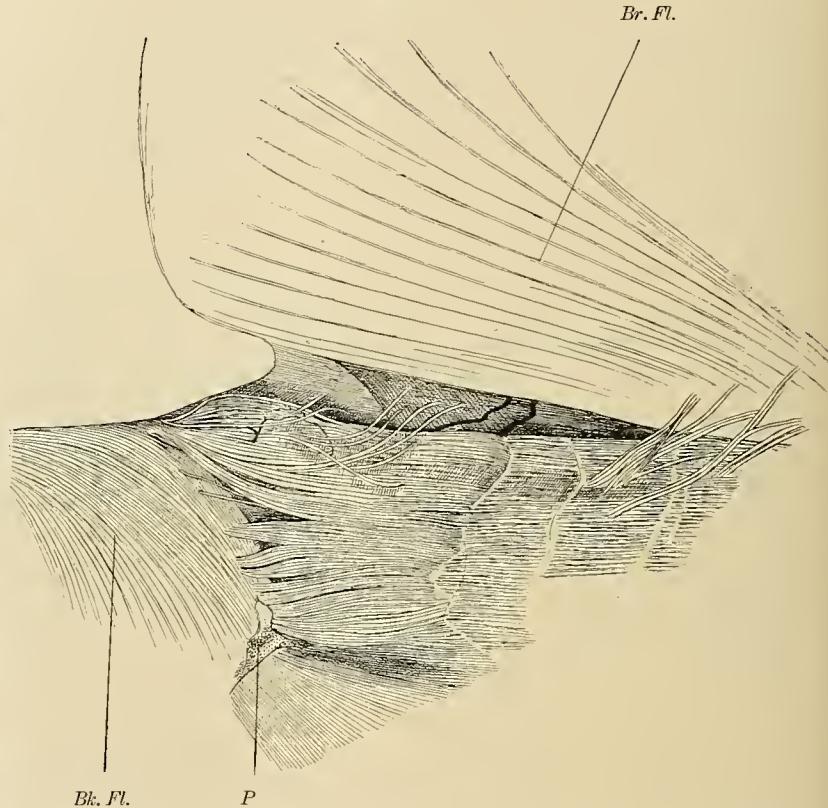


Fig. 8. Partie der Bauchwand von *Raja fullonica* L. zwischen hinterem Ende der Brustflosse (*Br. Fl.*) und vorderem Rande der Beckenflosse (*Bk. Fl.*), sowie Becken *P*. Die Bauchmuskulatur mit Inscriptionen versehen.

Einzelne Muskelfasern treten aus dem Verband der segmentalen Muskeln mit einem Ende aus und legen sich theils auf die Musculatur der vorderen Extremität, theils auf diejenige der hinteren. Die Brustflosse ist von der Bauchwand künstlich abgedrängt. Dadurch wird eine in der Figur eng schraffierte Bindegewebsplatte sichtbar, in welcher die beiden letzten Flossennerven (schwarz) zur Vordergliedmaasse verlaufen. Die Muskelfasern, welche auf dieser Bindegewebsplatte sich befinden, liegen in situ, gerade so wie die Fasern weiter rechts, der Musculatur der Brustflosse an. Sie werden von einem feinen, sich verzweigenden Nervenästchen (schwarz) versorgt, welches die Bauchwand unabhängig von den in der Figur weiter oben rechts liegenden Flossennerven perforirt. Die Bindegewebsplatte setzt sich caudalwärts in eine niedrige Hautfalte fort, welche Vorder- und Hinterflosse verbindet (siehe JAECKEL, 1894, p. 14, und BRAUS, 1898 A, p. 435).

Rumpfmuskulatur anzunehmen. Doch findet man bei genauem Zusehen nie einen wirklichen Zusammenhang. Immer liegt noch eine bindegewebige Hülle zwischen Rumpf- und Extremitätenmuskeln. Auch kommen die Nerven der aberrirenden Muskelfasern aus selbständig die Rumpfwand durchbohrenden Aestchen der ventralen Spinalnervenäste. Die Extremitätennerven, von denen in der Figur die beiden letzten abgebildet sind, entsenden keine Zweige zu ihnen. Ich kann deshalb auf weitere Beispiele verzichten, zumal ich an der Beckenflosse dasselbe werde zeigen können. Denn zweifellos sind diese Verbindungen etwas, was erst innerhalb der Selachier auftritt. Entwicklungsgeschichtlich bilden sich gleichfalls die distalen, eng dem Flossenknorpel anliegenden Muskelpartien zuerst (MOLLIER, 1893, BRAUS, 1899).

Die beiden *Mm. pterygiales communes* sind nicht nur von den Rumpfmuskeln, sondern auch von einander völlig getrennt. Immer findet man das Knorpelskelet zwischen dorsalen und ventralen Muskelfasern. Ich werde später zeigen, dass diesem Befund auch die Nervenverhältnisse entsprechen. Denn motorische Nerven treten nirgends weder ausserhalb der Flossenknorpel, noch durch dieselben oder zwischen ihnen hindurch von einem Hauptmuskel zum anderen¹⁾.

Ich wende mich jetzt zu der specielleren Anordnung der Hauptmuskeln und finde die einfacheren Verhältnisse beim *M. pterygialis communis ventralis* der Brustflosse.

Faserkategorien des ventralen Hauptmuskels.

Von den früher ihrer Bedeutung nach präcisirten Faserkategorien (p. 143) sind zunächst die *Mm. zono-keratoidei* stark entwickelt. Doch entspringen nicht alle direct vom Schultergürtelknorpel. Die am medialen Flossenrand befindlichen Muskeln nehmen vielmehr von einer Aponeurose Ursprung, welche sich ihrerseits an den Proc. muscularis des Coracoid ansetzt. Die eigentlichen Muskelfasern haben in Folge dessen nur etwa die halbe Länge derjenigen, welche unmittelbar am Coracoid entspringen.

Die *Mm. zono-keratoidei* finden sich überall an der distalen Oberfläche des Muskels. Am proximalen Theil jedoch, welcher auf dem Schultergürtel und dem Basale propterygii liegt, liegen Fasern oberflächlich, welche am Knorpel (Propterygium) selbst sehnig inseriren. Sie gehören zu der Kategorie der *Mm. zono-ptyrgiales* (Taf. XXIII, Fig. 3 B *M. abd.*)²⁾. Es giebt also in diesem Bereich keine *Mm. zono-keratoidei*. Bei *Hexanchus* ist ihre Zahl, entsprechend der geringen Ausdehnung dieser Zone, sehr gering (Taf. XXIII, Fig. 4).

Die *Mm. pterygo-keratoidei* haben eine weniger ausgedehnte Verbreitung. Zunächst fehlen sie am medialen Flossenrand. Alle Fasern, welche auf den medial von der Axe der Flosse (*A*) liegenden Knorpeln (Taf. XXIII, Fig. 2 No. 2, 3, 4) verlaufen, sind reine *Mm. zono-keratoidei*. Nur unter denjenigen Fasern, welche der Axe des Metapterygium zunächst liegen, sind einige vorhanden, welche am Knorpel entspringen und an den Hornstrahlen inseriren (Textfigur 9 α , schräge Fasern). Diese Fasern sind eng mit den *Mm. zono-keratoidei* verwebt und verlaufen mit ihnen gemeinschaftlich an ihren Insertionspunkt.

Schreitet man von der Axe des Metapterygium (*A* Taf. XXIII, Fig. 2) nach dem lateralen Flossenrand zu fort, so werden die *Mm. pterygo-keratoidei* bald zahlreicher und allmählich selbständiger. Ihr Ursprung beginnt sich an der Grenze zwischen Meta- und Mesopterygium gegen die *Mm. zono-keratoidei* deutlich abzugrenzen. In Textfigur 9 ϵ , welche Fasern darstellt, die auf dem Metapterygium und dessen Radien liegen, sind die beiden Fasersysteme eng mit einander verbunden, aber nicht mehr mit einander gemischt, wie am medialen Rande des Metapterygium. In Textfigur 9 η ist eine Zwischensehne im distalen Theil aufgetreten, welche nach dem terminalen Ende der Muskeln zu an die Oberfläche tritt. (In der Skizze zwischen Muskel μ und ξ ist dieselbe in der Oberflächenansicht von μ in dunklem Tone gezeichnet.) Diese nimmt anfangs Insertionen der *Mm. pterygo-keratoidei* und *zono-keratoidei* auf, weiter distal nur noch solche von ersteren. Es schliessen sich beide Faserkategorien zu proximal doppelt und distal einfach gefiederten Muskeln zusammen. Auch bei den auf dem Mesopterygium und dessen Radien verlaufenden Muskeln (Textfigur 9 μ und ξ) ist dies der Fall. Die *Mm. pterygo-keratoidei* sind jedoch beträchtlich vermehrt, und dementsprechend dient die Zwischensehne mehr Fasern dieser Kategorie als bei den weiter medial

1) Ausnahmen kommen nur bei sensiblen Nerven vor und auch bei diesen lediglich in der Nähe des Flossenrandes, indem sich ventrale Aestchen um denselben herum an benachbarte Theile der dorsalen Flossenhaut begeben.

2) Siehe p. 175, Anm. I.

liegenden Muskeln zum Ansatz. Auch hat sich am Ursprung die Abgrenzung der Mm. zono-keratoidei gegen unsere Muskelfasern vollzogen. In Textfigur 9 ν ist das am deutlichsten geworden.

Schliesslich hören am lateralen Flossenrande die Mm. zono-keratoidei ganz auf. Es erhalten sich dann noch einige Faserbündelchen, welche zur pterygo-keratoidalen Kategorie gehören. Dieselben liegen auf dem distalen Theil des Propterygium (Taf. XXIII, Fig. 2 χ , ψ), terminal vom Ansatzpunkt des bei *Acanthias* stark entwickelten ventralen Abductors (s. o.).

Wir haben in dieser Reihe noch bei der fertigen Flosse alle Stufen des Entwicklungsganges neben einander liegen, welche die ausgebildetsten Fasergruppen der Mm. pterygo-keratoidei durchlaufen haben. Sie entstehen aus den Mm. zono-keratoidei, indem zuerst einzelne, später

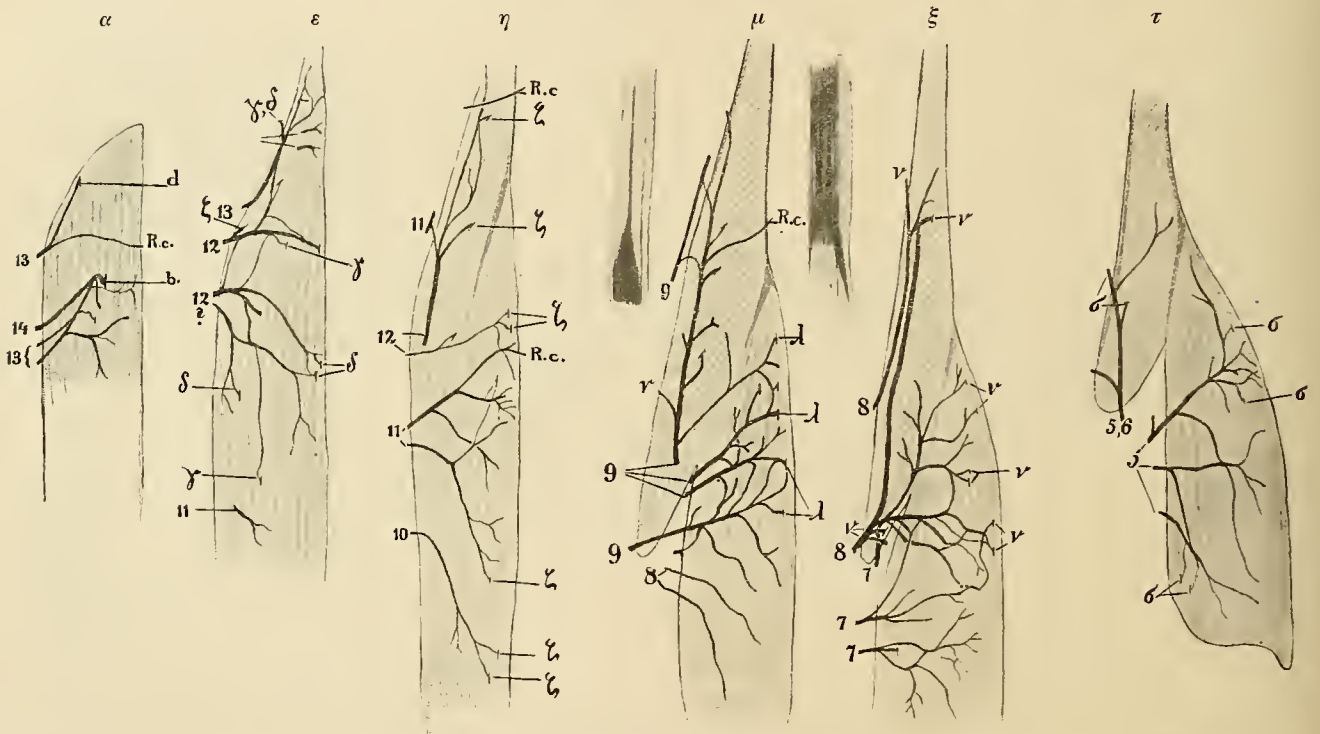


Fig. 9. Musculi radiales des ventralen Hauptmuskels der Brustflosse von *Acanthias*, isolirt und von der Seite gesehen. (Die chondrale Seite [Knorpel der freien Brustflosse] liegt links, die dermale rechts, die terminale oben und die proximale [Schultergürtel] unten.) Die einzelnen Muskeln sind mit den der Fig. 2, Taf. XXIII, entsprechenden Buchstaben versehen. Der Verlauf der einzelnen Muskelfasern ist grau, derjenige der Nerven schwarz eingezeichnet. Am Anfang der Nerven steht die seriale Ziffer des Spinalnerven, zu welchem sie gehören, und an ihrer Eintrittsstelle zwischen die Muskelfasern der Buchstabe desjenigen M. radialis, in welchem sie endigen. Ist kein Buchstabe angegeben, so endigt der Nerv in dem M. radialis, in welchem er auf der Zeichnung eintritt. 2mal vergr.

immer zahlreichere Fasern ihren Ursprung auf das Flossenskelet verlegen, und zwar beginnt dieser Process distal und schreitet allmählich proximalwärts fort.

Alle Mm. pterygo-keratoidei haben das Gemeinsame, dass sie nur von den Basalplatten der Flossenknorpel unmittelbaren Ursprung nehmen. Den Radien derselben liegen sie durch Vermittelung einer Aponeurose lose an. In Textfigur 9 habe ich diese zwischen η und μ , von der Unterseite des Muskels her gesehen, gezeichnet. Der breite Anfang der Aponeurose ist am Ende des Basale mesopterygii angeheftet. Man sieht, wie die Muskelfasern alle von der sich verjüngenden Sehne fiederig entspringen. In Taf. XXIII, Fig. 2 ist die Ausdehnung dieser (weiss gehaltenen) Aponeurosen eingezeichnet. Am Metapterygium entspringen allenthalben Muskelfasern, nicht nur von dem basalen Hauptstück, sondern

auch von der grösseren Knorpelplatte, welche distalwärts auf dieses folgt. Das 2. Querglied des Axenstrahles verhält sich also bezüglich dieser Muskeln gerade wie ein Basale.

Eine weit geringere Ausdehnung als den beiden bisher geschilderten Muskelfasern kommt der Kategorie der *Mm. zono-pterygiales* zu. Sie sind auf zwei Bezirke beschränkt. Einmal finden sie sich am medialen Rande des Basale metapterygii. Auf Taf. XXII, Fig. 4 und Taf. XXIII, Fig. 2 sieht man Muskelzüge sich an den distalen Theil desselben begeben. In Textfigur 9η sind einige vom Skelet abgelöst und im natürlichen Zusammenhang mit den anderen Kategorien von Muskelfasern gezeichnet. Sie kreuzen sich in der Nähe ihrer Insertionen mit Ursprungspartien von *Mm. pterygo-keratoidei* (in der Figur zwischen den Ziffern 11 und 12). Die *Mm. zono-keratoidei* gehen ohne Grenze in sie über. In den weiter medial liegenden Muskeln bestehen die *Mm. zono-pterygiales* nur aus einigen Fäserchen, welche sich von den *Mm. zono-keratoidei* abzweigen, kurz bevor diese den Rand des Metapterygium erreichen. Diese vermehren sich immer mehr, je näher die betreffenden Muskeln mit ihrem distalen Ende dem lateralen Rande des Metapterygium kommen. Diejenigen *Mm. zono-keratoidei*, welche über die Radien des *Meso-pterygium* verlaufen (Taf. XXIII, Fig. 2), besitzen aber keine Abzweigungen zum Knorpel mehr. Das Vorkommen solcher ist also lediglich auf die distale Hälfte des Basale metapterygii und auf dessen medialen Rand beschränkt.

Denselben allmählichen Uebergang zwischen *Mm. zono-keratoidei* und *-pterygiales* finde ich auch in dem anderen Bezirk, in welchem letztere vorkommen, nämlich am lateralen Flossenrande. Hier sind sie bei *Acanthias* sehr zahlreich vertreten, da der Abductor des ventralen Muskels stark entwickelt ist und nur aus solchen Fasern besteht. Bei *Hexanchus* ist, entsprechend der geringen Entfaltung desselben, die Zahl der Fasern kaum grösser als diejenige der am medialen Flossenrande befindlichen Muskeln dieser Kategorie. Auch sie inseriren hier lediglich am freien Rande des Basale propterygii, nicht an seiner Fläche. Vergleicht man die Insertionsfläche bei *Acanthias* mit der von *Hexanchus* (Taf. XXIII, Fig. 3B und 4), so erkennt man, dass erstere durch Ausbreitung der Muskelansätze über die laterale Kante dorsalwärts¹⁾ vergrössert worden ist. Denn sie liegt in einer anderen, fast rechtwinklig abgelenkten Ebene im Verhältniss zu derjenigen, welche von den Extremitätenknorpeln bestimmt ist. Es geht daraus hervor, dass an dieser Stelle die *Mm. zono-pterygiales* späte Abspaltungen aus den *Mm. zono-keratoidei* sind.

Ein Unterschied gegenüber der medialen Flossenkante besteht darin, dass die *Mm. zono-keratoidei* hier successive sämmtlich zu *Mm. zono-pterygiales* werden. Daher kommt es, dass der Abductor nicht wie alle übrigen Fasern der letzteren Kategorie von *Mm. zono-keratoidei* oberflächlich bedeckt ist. In Textfigur 9τ sieht man, wie die Abspaltung der *Mm. zono-keratoidei* von den *Mm. pterygo-keratoidei* eingeleitet ist. Haben erstere ihre Insertionen am Propterygium gewonnen (Umwandlung in *Mm. zono-pterygiales*), so ist die Trennung vollzogen. Auf Taf. XXIII, Fig. 2 befindet sich eine kleine Lücke zwischen den Insertionspunkten der *Mm. zono-pterygiales* (schwarze Tüpfel Textfigur 10) und den Ursprungspunkten der *Mm. pterygo-keratoidei* (Kreuze Textfigur 10) an dieser Stelle (Basale propterygii). Es ist das die höchste Stufe der Differenzirung und Sonderung, welche am ventralen Hauptmuskel von den Neubildungen aus zono-keratoidalen Fasern erreicht wird.

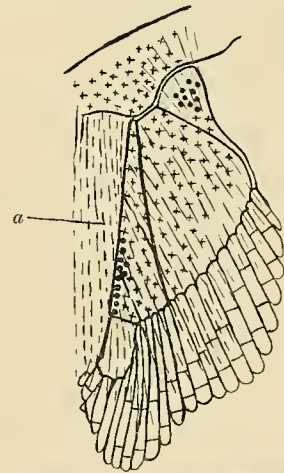


Fig. 10. Brustflossenskelet von *Acanthias*. Schema. Mit Kreuzen sind die Ursprünge, mit schwarzen Tüpfeln die Insertionen von Muskelfasern am Knorpel bezeichnet. Die gestrichelten Linien (a) zeigen die Verlaufsrichtung der Muskelfasern an.

1) Siehe p. 175, Anm. 1.

Faserkategorien des dorsalen Hauptmuskels.

Weiter ist die Specificirung der Faserkategorien am dorsalen Hauptmuskel der Brustflosse fortgeschritten. Bei diesem sind die Mm. zono-keratoidei, zono-pterygiales und pterygo-keratoidei bereits am medialen Rande des Basale metapterygii voll entwickelt und auch an ihren Ursprüngen von einander getrennt. In Textfigur 11 bilde ich einen vom Skelet abgelösten, aber in der natürlichen Lage der Muskelfasern zu einander belassenen Complex ab, welcher sich auf dem medialen Radienbesatz der Axe des Metapterygium findet. Die Fasern sind unten in der Figur vom Schultergürtel bezw. von der Fascie, welche den Knorpelursprung bei *Acanthias* auf die Rumpfmusculatur caudalwärts ausdehnt (s. o. p. 175, Textfigur 7), abgelöst zu denken. Sie verlaufen zu den Hornfäden. Ein Theil von ihnen löst sich in Gruppen (α , β) ab und verbindet sich mit anderen Fasercomplexen, welche demselben Ziel zustreben.

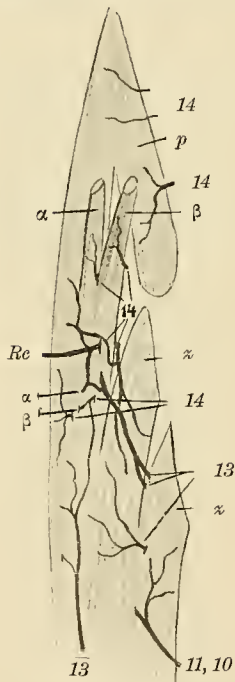


Fig. 11. Musc. radialis des dorsalen Hauptmuskels der Brustflosse von *Acanthias*. Buchstabenerklärung siehe Fig. 9 p. 178. Die chondrale Seite liegt in dieser Figur rechts, die dermale links.

Es verbinden sich mit diesen Mm. zono-keratoidei die mit p bezeichneten Fasern, indem sie einander durchkreuzen. Das Bild ähnelt an dieser Stelle am meisten der Textfigur 9e. Diese entstammt einem ventralen Muskel, welcher auf dem 5. und 6. lateralen Strahle des Knorpelskelets liegt. Es wird diese Anordnung also bei dem ventralen Hauptmuskel erst viel weiter lateralwärts erreicht als bei dem dorsalen. Bei dem nächstfolgenden Radialmuskel des dorsalen Hauptmuskels treten dann schon Zwischensehnen auf, wie sie ventral erst bei η (Textfigur 9) zu beobachten sind.

Die dritte, mit z bezeichnete Gruppe (Mm. zono-pterygiales) entspringt wie die erste, heftet sich aber am medialen Rande des Basale metapterygii an. Sie ist recht stattlich und zerfällt in zwei platte, aber breit ausgezogene Bäuche.

Vergleicht man das Bild mit Textfigur 9a, welche den correspondirenden Muskel der ventralen Seite wiedergibt, so ist der Unterschied in der Höhe der Differenzirung gleicher Stellen der beiden Hauptmuskeln augenscheinlich.

Im Uebrigen werden jedoch keine höheren Formen der Muskeldifferenzirung im dorsalen Hauptmuskel erreicht. Der Unterschied gegen den ventralen Muskel besteht in einer gleichmässigen Höhe der Muskelentwicklung, indem die einfacheren Formen der Muskelbildung bei letzterem noch erhalten, bei ersterem jedoch allenthalben durch höhere Formen ersetzt sind. Die Faserkategorien bleiben jedoch auch bei ihm stets, sei es am Ursprung, sei es an der Insertion, im Zusammenhang; eine Bildung von isolirten Schichten oder anders gestalteten Muskelindividuen (abgesehen von weiter unten zu schildernden Einrichtungen, die sich aber auf der ventralen Seite ebenso finden) tritt nicht ein. Auch

fehlen hier ebenso wie an den ventralen Muskeln Mm. pterygiales proprii, und die Flächen der Basalia, sowie ihre Radien besitzen nirgends Muskelinsertionen (Mm. zono-pterygiales).

Ebensowenig erleidet die topographische Verbreitung der Mm. zono-pterygiales, welche wir beim ventralen Hauptmuskel als die am wenigsten entwickelten kennen lernten, eine Ausdehnung. Dieselben sind auf die freien Ränder der Basalia des Knorpelskelets beschränkt (und zwar auf die distale Hälfte des medialen Randes vom Basale metapterygii, Taf. XXII, Fig. 4, Textfigur 12a, und auf den lateralen Rand des Propterygium). Dagegen fehlt eine dem ventralen Muskel entsprechende Ausdehnung

der lateralen Muskelfasern dieser Art. Dieselben sind ähnlich entwickelt wie auch die ventralen Muskeln von *Hexanchus* an dieser Stelle. Einen Abductor des dorsalen Hauptmuskels giebt es nicht.

Eine Folge der bereits am medialen Flossenrande vollzogenen theilweisen Trennung der verschiedenen Faserkategorien von einander ist eine eigenthümliche Schichtung der Muskelfasern an der medialen, der Rumpfwand breit angehefteten Fläche der Flosse (Taf. XXII, Fig. 4, Textfigur 12a). Da nämlich, wo die *Mm. zono-ptyerygiales* an der Mitte des Basale metapterygii aufhören, kommen die *Mm. pterygo-keratoidei* eine Strecke weit oberflächlich zum Vorschein. Es sind solche Fasern, welche in ihrem distalen Verlauf zu weit lateral liegenden Stellen der Flosse (den Radien des Mesopterygium) gelangen (Textfigur 12a). Sie bleiben aber nur kurz oberflächlich sichtbar, weil sie bald von *Mm. zono-ptyerygiales* bedeckt werden. Wie die Fasern auf einander folgen, dürfte aus Textfigur 12a leicht ersichtlich sein, da hier sowohl die mediale Seitenansicht als auch diejenige von der inneren (dem Knorpelskelet zugewendeten) Fläche neben einander zu sehen sind. Auf Taf. XXII, Fig. 3 sind in einem Bilde der medialen Flossenfläche von *Laemargus borealis* MÜLL. HENLE die Bündel mit fortlaufenden Ziffern versehen, derart, dass die Aufeinanderfolge der Bündel in der Richtung vom medialen zum lateralen Flossenrand mit *I, II* u. s. w. angegeben ist. Mit diesen Verhältnissen stimmen diejenigen bei *Acanthias* überein. Auch bei *Hexanchus* (Taf. XXII, Fig. 2) ist Aehnliches zu sehen (es tritt auf der Figur zu Gunsten der Wiedergabe der Nerven etwas zurück). Nur sind die *Mm. zono-ptyerygiales* hier nicht so kräftig entwickelt wie bei den Spinaciden.

Die Ursache für die Spaltung der am Schultergürtel entspringenden Muskelkategorien von den vom Flossenskelet Ursprung nehmenden in ihren proximalen Theilen von einander liegt darin, dass der dorsale Muskel seine Ursprünge am Schultergürtel (Scapula) dorsal- und lateralwärts ausdehnt. Der ventrale Muskel jedoch benutzt den am Coracoid nahe dem Gelenkvorsprung und medial befindlichen Proc. muscularis, so dass bei ihm im Allgemeinen die Ursprungsorte der vom Schultergürtel und vom Flossenskelet ausgehenden Muskelfasern näher an einander liegen als beim dorsalen Muskel.

Eine sehr charakteristische Ausnahme bilden die Abductionsfasern des ventralen Muskels bei *Acanthias*, welche ihren Ursprung dorsalwärts verschieben. Bei diesen ist ebenfalls, wie beim dorsalen Muskel, eine Abspaltung von Muskelfasern, welche sogar bis zur totalen Loslösung der *Mm. pterygo-keratoidei* führt, eingetreten.

Muskelindividuen: *Mm. radiales*.

Ich wende mich jetzt zu den *Mm. radiales*, d. h. denjenigen Fasercomplexen, welche ungefähr in gleicher Weise wie die Radien des Knorpelskelets angeordnet sind, jedoch auch auf die Basalia des Skelets sich fortsetzen (Textfigur 12a und b mit gestrichelten Linien gezeichnet, Taf. XXIII, Fig. 2 mit griechischen Buchstaben benannt). Dass sie aus den metameren Muskelknospen früherer Entwicklungsstadien nicht unmittelbar hervorgegangen sind und deshalb keine Rückschlüsse auf die Entstehung der einheitlichen Basalia zulassen, zeigte ich bereits früher (1898 A und B). Ich habe damals auch schon darauf aufmerksam gemacht, dass der Verlauf der *Mm. radiales* zwar im Allgemeinen mit der Anordnung der Knopelradien übereinstimmt, dass jedoch bei genauer Präparation nicht unerhebliche Abweichungen an einzelnen Stellen, namentlich am Metapterygium und seinen Radien constatirt werden können. Löst man vorsichtig Knorpel- für Knorpelstückchen von der Unterfläche der Muskeln ab und zeichnet in die Knorpelcontourzeichnung für jedes Stück jedesmal nach der Auslösung die Grenze der zum Vorschein kommenden Muskelelemente ein, so erhält man sehr genaue Uebersichtsbilder über das Lageverhältniss der Skelet- und Muskelelemente zu einander. Sowohl Fig. 2, Taf. XXIII (Textfigur 12b) als auch Textfigur 12a sind so gewonnen und beweisen beide die früher schon kurz mitgetheilte und an einer

Contourzeichnung nach ersterer erläuterte Thatsache (1898 A). Besonders charakteristisch ist der schräge Verlauf über die Axe des Metapterygium hin. Andererseits ist es von Wichtigkeit, dass bei beiden Haupt-

Fig. 12b.

Fig. 12a.

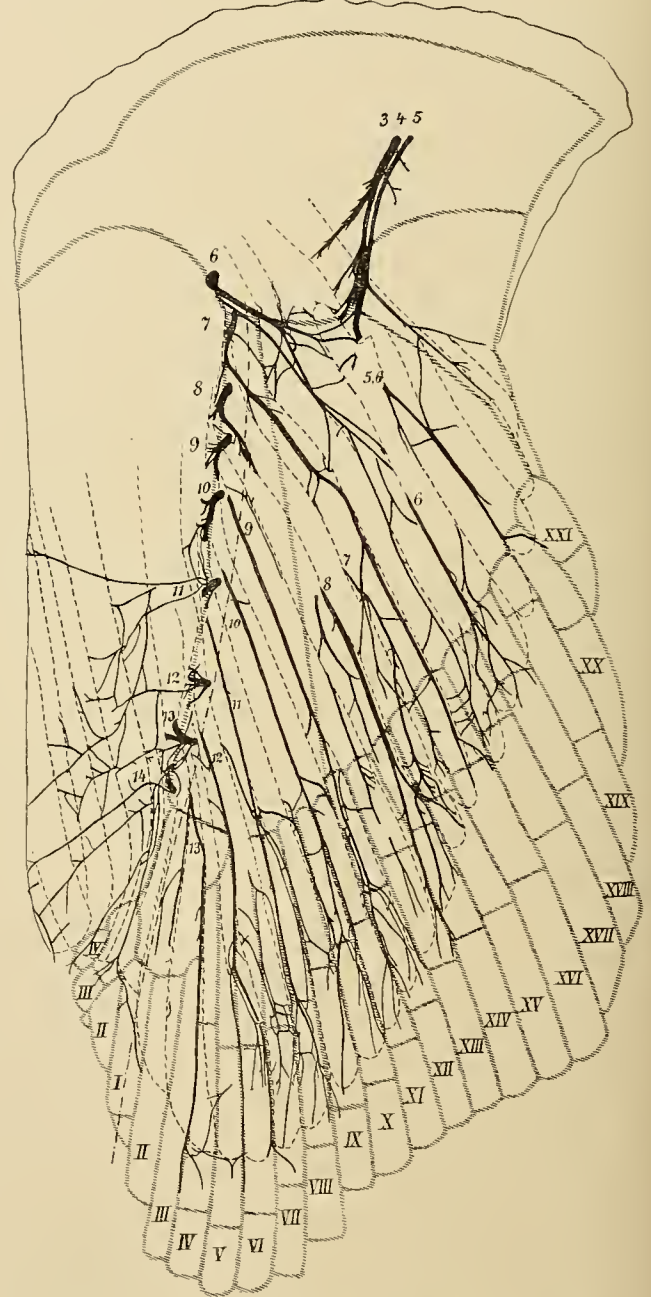
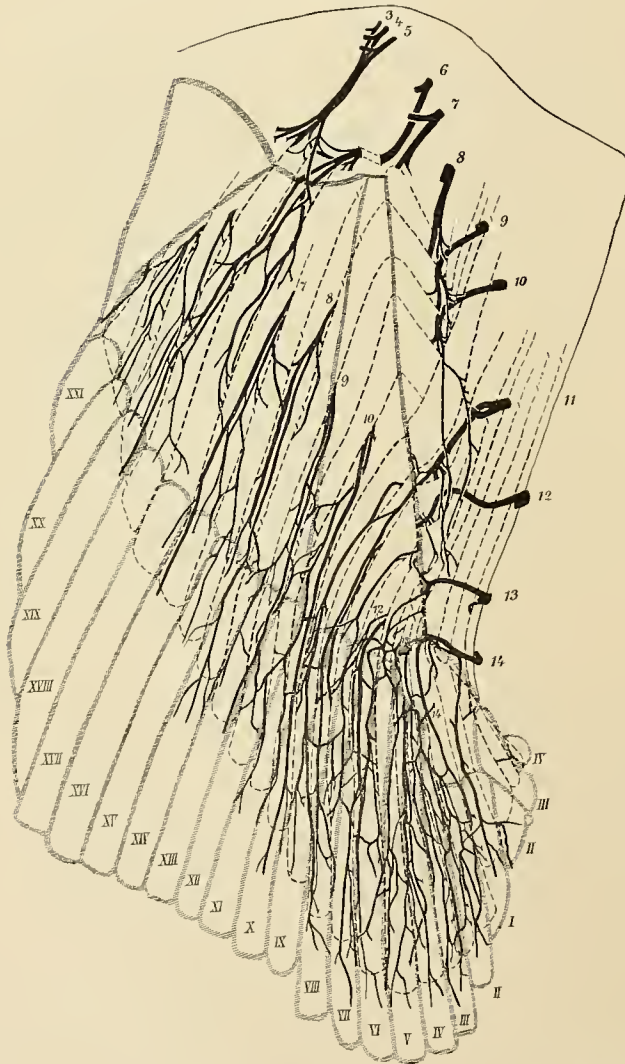


Fig. 12a. Unterfläche des dorsalen Hauptmuskels von *Acanthias vulgaris* RISSO (2mal vergrößert). Grenzen der Radialmuskeln mit längsgestrichelten Linien, Grenzen der Basalia und Radialia des Knorpelskelets mit quergestrichelten breiten Contouren (Radien mit lateinischer Bezifferung) und Nerven fett schwarz wiedergegeben. Letztere sind mit deutschen Ziffern ihrer serialen Reihenfolge nach bezeichnet.

Fig. 12b. Unterfläche des ventralen Hauptmuskels derselben Brustflosse. Dieselbe liegt derjenigen des dorsalen (Fig. 12a) im Präparat gegenüber, von ihr nur durch den Knorpel getrennt. Copie nach Taf. XXIII, Fig. 2 dieser Abhandlung, in derselben Art der Darstellung und mit denselben Bezeichnungen wie Fig. 12a, jedoch in einem etwas grösseren Maassstab (c. $2\frac{1}{4}$ mal vergr.).

muskeln in der That die lateralen Radialmuskeln fast völlig in ihrer Lage mit der Axe des Meso- und Propterygium und deren Radien übereinstimmen.

Die Mm. radiales sind aber auch an verschiedenen Stellen der Flosse verschieden bezüglich ihrer Structur. Es ergibt sich das aus den oben mitgetheilten ausführlichen Beschreibungen der topographischen Anordnung der verschiedenen Muskelfaserkategorien. Denn die Radialmuskeln umfassen die ganze Dicke der Hauptmuskelschicht und demnach alle Fasern, welche an der Ober-, Unterfläche und in der Mitte des M. pteryg. comm. innerhalb des betreffenden Streifens vorkommen. Es giebt demnach Mm. radiales, welche nur aus Mm. zono-keratoidei oder nur aus Mm. zono-ptyrgiales bestehen, und solche, welche aus Mm. zono- und pterygo-keratoidei (Textfigur 9 α , μ , ξ , τ ; eine ähnliche Figur schon bei A. SCHNEIDER, 1890, Taf. XXV, Fig. 8) oder aus allen drei Kategorien (Textfigur 9 ϵ , η) gemischt sind.

Fragt man, ob in den Mm. radiales selbständige Muskelindividuen vorliegen, welche sich aus den Mm. ptyrgiales communes differenzirt haben, so ist dies für eine Reihe dieser Muskeln gewissermaassen zu bejahen. Denn abgesehen von den dem medialen Radienbesatz der Flossenaxe anliegenden Muskeln (*a-f* Fig. 2, Taf. XXIII) und den am Propterygium inserirenden Abductorfasern, sind alle Radialmuskeln fast in ihrem ganzen Verlauf durch deutliche Bindegewebssepten scharf von einander gesondert. Bei dem Abductor sind Bindegewebssepten zwar auch vorhanden, aber die Muskelbündel sind doch nicht ganz scharf von denselben gegen einander abgegrenzt. Man bleibt bei der Präparation immer im Zweifel, in wie viele Unterabtheilungen man den Muskel trennen soll. Das ist bei den Muskelindividuen des Mesopterygium und des lateralen Theiles des Metapterygium auf lange Strecken hin nie der Fall. Deutlich und unverkennbar dagegen ist wiederum der Zusammenhang der Mm. radiales bei den medial von der Axe des Metapterygium vorkommenden Muskeln. Er ist am auffallendsten beim ventralen Muskel, aber auch dorsal vorhanden (Textfigur 11 zeigt zwei Verbindungszüge, α , β).

Jedoch auch die selbständigen Mm. radiales des meta- und mesopterygialen Flossenabschnittes hängen an ihren proximalen Ursprungspartien mehr oder minder innig zusammen (Textfigur 12b). Sie verhalten sich also wie etwa die Bäuche der langen Hand- oder Fussmuskeln höherer Wirbelthiere: nur ist die Anzahl der Köpfe dieser Selachiermuskeln eine weit beträchtlichere und die Spaltung eine noch tiefgreifendere.

Auf die Hornfäden theilt sich die Sonderung der Hauptmuskeln in einzelne Individuen nicht mit. Dieselben liegen continuirlich neben einander. Es entsprechen 8—10 dieser Fäden je einem Radialmuskel.

Für die Bedeutung der Radialmuskeln in functioneller Beziehung und für ihre Entstehung ist das Lageverhältniss zu den Knorpelradien ausschlaggebend. Darin stimme ich wohl mit allen Autoren völlig überein, dass die einzelnen Muskelbäuche deshalb relativ selbständig geworden sind, weil sie an die Bewegung der Knorpelradien functionell gebunden sind. Wäre diese Beziehung eine innigere, d. h. würden die Radialmuskeln auch an den Knorpelradien beispielsweise inseriren, so würde wahrscheinlich die Lageübereinstimmung eine ausgedehntere sein. Dies ist auch bei Rochen der Fall, bei welchen die Hornfäden ganz fehlen oder doch stark reducirt sind (KNER, 1860). Da dies aber bei Squaliden nicht der Fall ist, die Knorpelradien zudem durch Bindegewebe mit einander verbunden sind und ein jeder nur in sehr beschränktem Maasse für sich bewegt werden kann, so ist offenbar keine so genaue Anpassung der Lage der Muskeln an diejenige der Knorpel nöthig, um beschränkte Partien der Flosse durch Zug an den Hornfäden bei genügender Stützwirkung seitens des inneren Skelets isolirt in Action zu setzen. Aehnliches ist auch an der lediglich zum Schwimmen benutzten ventralen Seite der *Ceratodus*-Flosse angebahnt (p. 146).

Es ist dabei zu beachten, dass der Raum, auf welchem die Muskeln mit den Skeletradien zusammenliegen, im metapterygialen Flossenabschnitt ein relativ kleiner ist im Verhältniss zur Grösse des Basale

(Taf. XXIII, Fig. 2, Textfigur 12). Beim Meso- (und Pro-)pterygium ist derselbe so gering, dass die grössere Uebereinstimmung in der Lage beider Elemente als beim Metapterygium (s. o.) nur verständlich ist, wenn man die von GEGENBAUR (1870) mit genauen Nachweisen erhärtete Conrescenz des Basale desselben aus isolirten Radien in Betracht zieht. Denn die äussersten lateralen Radialmuskeln erreichen mit ihren Enden nur noch eben das proximale Ende der Radien.

Ich brauche wohl kaum zu betonen, dass man aus dem Zerfall der Hauptmuskeln in Bäuche nicht generell den Schluss ziehen darf, es sei überall entsprechend der Theilung dieser auch eine Spaltung der Basalia des Knorpelskelets bei den Vorfahren der Selachier vorhanden gewesen. Denn beim Metapterygium würde dann der schräg zur Axe des Basale gerichtete Verlauf der Radialmuskeln zu der absurden Annahme führen, dass der einheitliche Knorpel sich aus schräg an einander gefügten Theilen zusammensetze. Es sind also die Radialmuskel in keiner Weise als Stütze für die Conrescenztheorie im Sinne von BALFOUR, THACHER, MIVART, HASWELL, DOHRN, RABL, WIEDERSHEIM, MOLLIER etc. zu verwerthen. Ihre Entwicklung bietet vielmehr eine Reihe Argumente gegen dieselbe (BRAUS, 1898B, 1899).

2. Die Musculatur der Beckenflosse.

Die Musculatur der Beckenflosse ist von MECKEL (1828) und v. DAVIDOFF (1879) beschrieben worden. Die Darstellung des Letzteren ist sehr genau; ich kann sie in allen Hauptpunkten bestätigen.

Bei der Bauchflosse ist ein Verhalten besonders ausgebildet, welches bei der Brustflosse von den hier beschriebenen Formen nur der dorsale Muskel von *Acanthias* in geringem Maasse aufweist. Es entspringen die oberflächlichen Muskelfasern in langer Ursprungslinie von der Fascie der Rumpfwand. Bei dem dorsalen Muskel ist das deshalb nichts Auffallendes, weil beim Becken der Squaliden ein dorsaler Fortsatz bekanntlich fehlt. Wenn überhaupt die Fasern hier erhalten bleiben sollten, mussten sie eine andere Ursprungsfläche suchen. Eine solche ist aber gegenüber *Hexanchus*, wo sie noch fehlt, bereits beim dorsalen Muskel der Brustflosse von *Acanthias* trotz der gleichzeitigen Befestigung an der Scapula in der aponeurotischen Befestigung an der Rumpfwand gewonnen (p. 175). Es ist diese Partie beim dorsalen Muskel der Bauchflosse in progressiver Weise weiter entwickelt worden und die andere mit dem Schwund eines eigentlichen Ileum verloren gegangen.

Dagegen sind auch am ventralen Muskel zahlreiche Ursprünge oberflächlicher Muskelfasern an der Bauchwand, und zwar an der Linea alba, bereits von MECKEL und v. DAVIDOFF gesehen worden. Hier ist die Ausdehnung der Ursprünge unabhängig vom Fehlen des Knorpels erfolgt. Denn die Beckenplatte ist ventral ansehnlich entwickelt. Ihr Schwund im dorsalen Muskelgebiet kann also nicht der einzige Grund für die Ursprungsverlegung der Muskelfasern gewesen sein. Die breite Befestigung der Bauchflosse an der Rumpfwand ist jedenfalls die Hauptursache dieser progressiven Vorgänge.

Es giebt bei der Beckenflosse der meisten und speciell der niederen Haie (*Heptanchus*, v. DAVIDOFF, 1879) am ventralen Hauptmuskel 3 Faserkategorien:

a) Mm. trunco-keratoidei, welche von der Bauchwand entspringen und an den Hornfäden inseriren. Sie liegen oberflächlich und finden sich am ganzen Hauptmuskel mit Ausnahme seines vorderen und hinteren Randes. An diesen Stellen liegen andere Faserkategorien, welche im übrigen Hauptmuskel von den Mm. trunco-keratoidei verdeckt werden, frei vor. Bei *Acanthias* fehlen die letzteren völlig.

Diese Mm. trunco-keratoidei sind, auch dem später zu erwähnenden Nervenbefund nach, parhomologen Mm. zono-keratoidei der Brustflosse, von denen sie nur durch den veränderten Ursprung unterschieden sind. Durch eine Zwischensehne ist mit ihnen distal, wie an der Brustflosse, die zweite Kategorie von Fasern verbunden.

b) *Mm. pterygo-keratoidei*. Diese entspringen vom Basale metapterygii und verlaufen über die Radien desselben, ohne mit letzteren in engeren Verband zu treten, an die Zwischensehne und wirken durch diese auf die Hornfäden. Sie sind bereits von MECKEL beschrieben (1828, p. 97, 98) und von v. DAVIDOFF (1879) genauer untersucht und abgebildet worden (baso-radiale Schicht, nach seiner Nomenklatur). In meiner Taf. XXIX, Fig. 1 habe ich die Ursprünge der Muskeln durch rothe Tüpfel angegeben, weil dieselben bei der Wegnahme der Knorpel von letzteren abgeschnitten worden waren (vergl. über die Präparationsmethode p. 160). Der Verlauf der Muskeln und ihre Eintheilung in *Mm. radiales* ist ebenfalls in die Zeichnung aufgenommen.

Diese Kategorie von Muskelfasern ist wie bei dem dorsalen Hauptmuskel der Brustflosse überall vorhanden, nur nicht am Propterygium.

Die geringste Ausdehnung nimmt auch an der Beckenflosse die dritte Gattung ein:

c) Die *Mm. zono-ptyrgiales*. Dieselben sind wie bei der Brustflosse auf die freien Ränder des Skelets beschränkt. Doch sehen wir bei der Beckenflosse den ganzen medialen Rand des Metapterygium von Insertionen dieser Fasern eingenommen (Taf. XXIX, Fig. 1), während bei der Brustflosse die proximale Hälfte desselben frei von solchen ist.

Bei *Acanthias* finde ich eine gleichmässig breite Zwischenzone am Metapterygium, welche frei von Anheftungen der Muskelfasern ist. Da die oberflächlichen Muskelfasern fehlen, liegt hier der Knorpel oberflächlich zu Tage, wenn die Flossenhaut entfernt worden ist.

Diese Kategorie ist zum Theil bereits bei MECKEL kurz beschrieben. v. DAVIDOFF hat sie genauer untersucht (pelvico-basale Schicht nach ihm) und giebt an, dass an dieselbe oft solche Muskelfasern sich anschliessen (*Heptanchus*, *Acanthias*), welche von der Bauchwand entspringen und wie die vorigen inseriren: *Mm. trunco-ptyrgiales* (septo-basale Schicht). Bei *Acanthias* finde ich dieselben jedoch nicht (s. Taf. XXIX, Fig. 1).

Der dorsale Hauptmuskel beherbergt dieselben Faserkategorien wie der ventrale. Die erste Gruppe (*Mm. trunco-keratoidei*) ist bei *Acanthias* von einer feinen, quer zu ihrem Verlauf hinziehenden Inscriptio tendinea durchzogen, welche die Fasern nicht weit von ihrer Insertion (jedenfalls in meinem Exemplar näher derselben, als v. DAVIDOFF in Fig. 14, Taf. XXIX, gezeichnet hat) durchsetzt, aber nicht in andere Faserkategorien vordringt. Im Uebrigen entspricht diese Gruppe und ebenso die zweite in Ausdehnung und Verlauf derjenigen des ventralen Hauptmuskels, soweit beide bei letzterem vorhanden sind (Ausnahme: *Acanthias*, siehe oben). Auch von der dritten Gruppe (*Mm. zono- resp. trunco-ptyrgiales*) finde ich am Propterygialrand eine ziemliche Anzahl von Fasern bei *Acanthias*, welche da inseriren, wo die Hornfäden aufhören. Ausserdem beschreiben MECKEL und v. DAVIDOFF Fasern, welche vom Becken entspringen und sich fächerförmig auf dem Propterygium ausbreiten und an ihm schliesslich inseriren. Bei *Heptanchus* fehlt dieser Muskel.

Am medialen Rande des Metapterygium sind dorsal keine *Mm. zono-ptyrgiales* vorhanden. Vielleicht hängt das mit dem Fehlen des dorsalen Theiles des Extremitätenbogens zusammen.

Mm. ptyrgiales proprii fehlen in beiden Hauptmuskeln.

Bezüglich der Eintheilung der Muskeln in *Mm. radiales* herrscht bei beiden Hauptmuskeln ein ähnliches Verhalten wie bei der Brustflosse. Dieselben sind mit Ausnahme des propterygialen und distalen metapterygialen Abschnittes gut ausgebildet und leicht zu isoliren. Im letzteren, dem metapterygialen Theile sind sie bei *Acanthias* auch vorhanden, fehlen jedoch bei *Heptanchus* (v. DAVIDOFF).

Die Lageübereinstimmung der Radialmuskeln mit den Knorpelradien fehlt bei den distalsten Radien des Metapterygium (Taf. XXIX, Fig. 1). Bei diesen zeigt sich eine geringe Schiefstellung des einen

Systems zum anderen. Im Uebrigen coincidiren die Grenzen beider völlig oder doch fast vollständig. Bei der Brustflosse ist dagegen beim *Metapterygium* fast nirgends Coincidenz der Grenzen von Muskelindividuen und Knorpelradien vorhanden (Textfigur 12a und b, p. 182).

Die *Mm. radiales* der hinteren Extremität unterscheiden sich ferner von denjenigen der vorderen dadurch, dass sie selbständiger entwickelt sind. Sie sind auch an ihren Ursprüngen gut von einander isolirt, und der bei der Brustflosse vielfiedrige Hauptmuskel ist mit Ausnahme kleiner, oben aufgezählter Partien völlig in eine Reihe streifenförmiger Muskelindividuen zerlegt. Das ist nur manchmal nicht beim dorsalen Muskel der Fall. Bei *Acanthias* z. B. ist proximal von dem parallel zur Ursprungslinie verlaufenden Zwischensehnenband die Eintheilung in *Mm. radiales* nicht zu bemerken, die distal von ihm deutlich ist. Es scheint hier diese Zwischensehne die Bedeutung zu haben, den Zusammenschluss der proximalen Faserenden bei allen *Mm. radiales* des dorsalen Hauptmuskels aufrecht zu erhalten. Wahrscheinlich sind das Anpassungen an die breite Befestigung der oberflächlichen Fasern an der muskulösen Bauchwand.

Es dürfte schon dieser Schilderung zu entnehmen sein, dass bei der Beckenflossenmuskulatur nur solche Abweichungen von derjenigen der vorderen Extremität vorkommen, welche eine höhere, einseitige Differenzirung verrathen. Die Untersuchung des Nervensystems und deren Resultate machen das noch deutlicher.

b) Neurologie.

Meine Untersuchungen über die Zahl der Extremitätennerven der Selachier und über die Entstehungsweise derselben aus den Spinalnerven habe ich früher bereits veröffentlicht (1898 A, vergl. dazu die Abbildungen dieser Arbeit auf Taf. XXII—XXIV und XXIX, Fig. 1). Ich beschränke mich deshalb hier auf die Vertheilung der Nerven an die Flosse selbst und verweise bezüglich der Auswahl der untersuchten Thiere auf das früher (p. 141) Gesagte. Soweit ich die Literatur (1898 A, p. 243) kenne, wurde dieses Nervengebiet bei der Brustflosse der Squaliden bisher nicht untersucht. Für die Beckenflosse sind mir nur die, übrigens in diesem Punkte wenig ausführlichen, Angaben von v. DAVIDOFF (1879) bekannt.

1. Die Nerven der Brustflosse.

Sensible und motorische Aeste und deren Verzweigungen.

Die Nerven der Brustflosse verlaufen theils durch den Schultergürtel mittelst besonderer Kanäle (diazonal), theils hinter demselben durch die Bauchwand hindurch (metazonal) zur Extremität. Die ersteren geben, ehe sie in den Knorpel eintreten, also intraabdominal, die letzteren, nachdem sie die Bauchwand verlassen haben, Hautnerven ab, welche ventralwärts zu der Bauchhaut verlaufen (Taf. XXII, Fig. 2, 3, 4). Doch sind bei den ersteren diese Hautäste zunächst noch eine Strecke lang mit den motorischen Endästen der *Rr. ventrales* verbunden (z. B. bei Nerv 7, Fig. 2, Taf. XXII, vergl. mit Taf. XXIV), während letztere zugleich mit den Extremitätennerven den Spinalnervenstamm verlassen. Die Verzweigung an der Haut ist in Taf. XXII, Fig. 3 für *Laemargus* und in Fig. 4 für *Acanthias* abgebildet. Die Verästelungen eines metameren Nerven versorgen im Allgemeinen Hautstrecken, welche mehr als ein bestimmtes Muskelsegment (durch gezackte Grenzlinien in der Figur von *Acanthias* angedeutet) bedecken. Sie halten also die Grenzen der Segmente nicht ein, sondern verzweigen sich über eine grössere Hautfläche und verbinden sich mit den Hautästen anderer Nerven ihrer Nachbarschaft. Da die motorischen Aeste in dieser Region (Taf. XXIV,

Textfigur 6, p. 170) zahlreiche Plexusbildungen eingehen und von hochgradigen Verschiebungen in der Bauchmuskulatur Zeugnis ablegen, sind Verschiebungen in der viel leichter wandelbaren Haut nichts Auffallendes.

Von diesen Hautnerven gehen sensible Aeste an die Extremitätenoberfläche. Dieselben sind in Taf. XXII, Fig. 3 und 4 an der Stelle gezeichnet, wo sie am ventralen Flossenrande von den die Bauchhaut versorgenden Aesten abbiegen und um die Kante des Flossenmuskels herumlaufen. Hier beginnt die ventrale Extremitätenfläche, an die sie sich vertheilen. Auf Taf. XXII, Fig. 4 (rechts) sind ausserdem noch eine Reihe Hautäste zu sehen, welche beim Durchtritt der Extremitätennerven durch die mit dunklem Ton angegebene Bauchmuskulatur selbständig werden und an die über dem dorsalen Flossenmuskel befindliche Haut verlaufen. Es gesellen sich manchmal zu diesen noch Aeste, die weiter distal von den Nervenstämmen nach Abgabe des Ramus cutaneus entspringen (z. B. bei Nerv 12) oder sogar jenseits der Theilung in den ventralen und dorsalen Ast (z. B. Nerv 13). Die zahlreichsten Hautnerven an die Extremität giebt in der Regel der letzte Flossennerv, der unter Umständen rein sensibel sein kann (p. 161)¹⁾.

Die Theilung der Extremitätennerven (Rami pterygiales communes) in dorsale und ventrale Aeste (Rr. pteryg. dorsales et ventrales) erfolgt bei einem Präparat von *Hexanchus* (Taf. XXII, Fig. 2) derart, dass die diazonalen Nerven eine Spaltung des Stammes in 2 gleich starke Aeste erleiden, von welchen der eine zum dorsalen, der andere zum ventralen Hauptmuskel verläuft. Bei den metazonalen Nerven entstehen jedoch meist complicirtere Bilder, indem entweder von Anfang an eine mehrfache Theilung der Hauptäste erfolgt (Nerv 9, 12) oder indem distal von der Trennungsstelle in 2 Aeste eine abermalige Theilung der letzteren vor sich geht, welche Zweige des ventralen Astes dem dorsalen Muskel oder umgekehrt zuführt (Nerv 8, 11, 13, 14, 15). Nur Nerv 10 hat eine den diazonalen Nerven entsprechende Zweitheilung in einen reinen ventralen und dorsalen Unterast. Uebrigens variiren diese Verhältnisse stark bei verschiedenen Exemplaren und auf den beiden Seiten desselben Fisches. So fand ich bei der anderen Extremität desselben Thieres, dem Fig. 2, Taf. XXII, entnommen ist, auch bei Nerv 10 eine Dreitheilung des Nerven wie in den oben zuerst erwähnten Fällen (9, 12).

Charakteristisch bei diesen Theilungen ist vor allem, dass die Nerven, je mehr caudalwärts sie gelegen sind, um so stärkere Auffaserungen zeigen. Das Bild (Taf. XXII, Fig. 2) giebt darüber besser als alle Beschreibung Auskunft.

Bei einem anderen Exemplare von *Hexanchus* war die Zersplitterung der einzelnen Nerven nicht weniger stark, jedoch auf eine geringere Zahl von Nerven beschränkt. In dem Maasse, wie sie in Fig. 2, Taf. XXII, bei Nerv 14, 15 und 16 (bei letzterem ist nur der Ast mit motorischen Bestandtheilen gezeichnet) vorkommt, war sie dort nur bei dem letzten (in diesem Falle bei dem von Nerv 15 stammenden) Extremitätenast vorhanden.

Auch bei *Laemargus* (Taf. XXII, Fig. 3) gleichen die Verhältnisse mehr dem letzteren Falle. Bei *Heptanchus* und *Acanthias* (Taf. XXII, Fig. 4) ist eine weitere Vereinfachung eingetreten, indem die Theilung in 2 gleich starke Aeste bei fast allen (*Heptanchus*) oder allen (*Acanthias*) Extremitätennerven erfolgt.

Der Plexus omopterygialis distalis beim ventralen Hauptmuskel.

Betrachten wir zunächst die ventralen Aeste der Flossennerven genauer, so geben die 3 Bilder Fig. 2, 3, 4 auf Taf. XXII einen Ueberblick über die Plexusbildungen, welche diese vor Eintritt in den ventralen Hauptmuskel eingehen. Dieselben rechne ich zu dem Plexus pterygialis distalis, unter welchem ich sämtliche Plexusbildungen zusammenfasse, welche sich in der freien Flosse finden,

1) Bei dem Exemplar von *Hexanchus*, welchem die Abbildung auf Taf. XXIV entnommen ist, konnte ich keine motorischen Aeste von Nerv 16 zur Flosse verfolgen; wohl jedoch in dem in Fig. 2, Taf. XXII, wiedergegebenen Falle.

zum Unterschied von denen (Plexus pteryg. proximalis), welche innerhalb der Bauchwand oder innen von derselben (intraabdominal) liegen (1898 A, p. 248).

Einmal giebt es auf der Oberfläche des ventralen Hauptmuskels Verbindungsäste zwischen den einzelnen metameren Nerven, welche dicht am medialen Rande des Metapterygium liegen. Dieselben werden von der Arterie und Vene der Extremität (A. und V. brachialis) verdeckt (Taf. XXII, Fig. 4; für *Acanthias* sind sie auf Taf. XXIII, Fig. 2 am medialen Rande des Metapterygium nach Wegnahme der Gefässe gezeichnet). Ich rechne sie zu dem Plexus medialis s. postaxialis der freien Flosse aus weiter unten (p. 196) anzugebenden Gründen.

Bei *Hexanchus* und *Acanthias* sind feine Verbindungsästchen an dieser Stelle namentlich bei den hintersten Nerven [16¹⁾ bis 11 *Hexanchus*, 14—12, 11—10 *Acanthias*] in bei verschiedenen Flossen variirender Zahl und Stärke zu constatiren. Nach vorn zu hören dieselben meistens auf. Doch kommen hin und wieder auch dort Anastomosen vor.

Bei *Laemargus* hat sich ein stärkerer Plexus entwickelt, welcher längs dem Rande des Metapterygium verläuft und welchen ich im Anschluss an die von v. DAVIDOFF bei der Beckenflosse für ähnliche, aber anders gelagerte Gebilde eingeführte Bezeichnung Längsstamm nennen will. Derselbe beginnt an der Oberfläche des Muskels am 8. resp. 9. Nerven und verläuft parallel der Kante des Metapterygium bis zum letzten (12.) Nerven caudalwärts (Taf. XXII, Fig. 3). Er liegt also ziemlich genau im rechten Winkel zur Lage der an die Flosse herantretenden Nerven.

Diese Längsstambildung wird besonders wichtig für das Verständniss der Extremitätennerven höherer Wirbelthiere werden, und deshalb im Folgenden besonderer Werth auf das Vorkommen ähnlicher Bildungen bei Flossen zu legen sein.

Im Anschluss an diesen Plexus kommen noch andere Geflechte an der Oberfläche des ventralen Hauptmuskels vor, welche ausserordentlich fein sind und leicht, namentlich an unvollkommen conservirtem Material, übersehen werden können. Ich habe sie am genauesten bei *Acanthias* studirt. Hier gehen von den hintersten Nerven (11—14) zahlreiche feine Aestchen ab (Taf. XXII, Fig. 4, und Taf. XXIII, Fig. 2), welche Schlingen und Netze bilden, dabei überall Endästchen in die Musculatur entsenden. Dieser Plexus gehört zu dem Plexus medialis s. postaxialis. An der ventralen Flossenkante kommt ein besonders dichtes Geflecht und manchmal sogar ein, allerdings äusserst dünner Längsstamm zu Stande (Taf. XXII, Fig. 4).

Auch in der Figur von *Hexanchus* (Taf. XXII, Fig. 2) sind Theile dieses Plexus abgebildet. Doch kommen hier und bei *Laemargus* (bei welchem die Zeichnung noch weniger von ihm zeigt, Taf. XXII, Fig. 3) höchstwahrscheinlich viel reichere Geflechte vor, die nur mein Material nicht oder zu schlecht erkennen liess, als dass ich sie genau wiedergeben könnte.

Verfolgt man die Extremitätennerven von der medialen Kante des Metapterygium weiter distalwärts, so findet man, dass sie an die Unterfläche des ventralen Hauptmuskels treten und hier zum Theil mit langen Aesten noch weite Strecken ausserhalb des Muskels, zwischen ihm und dem Knorpelskelet verlaufen (*Acanthias*, Taf. XXIII, Fig. 2). Es finden sich bei diesen viele netzförmige Verbindungen, welche um so zahlreicher werden, je weiter sich die Nerven vom lateralen Rande des Metapterygium entfernen. Ich nenne diese Geflechte Plexus lateralis s. praeaxialis. Von ihnen aus dringen Aeste direct oder nach kürzerem Verlauf an der Unterfläche des Muskels in diesen ein. Innerhalb des Hauptmuskels

1) In Fig. 2, Taf. XXII, fehlt ein R. ventr. des 16. Nerven; doch fand ich ihn auf der anderen Seite desselben Thieres. Da es sich um sehr feine Aestchen handelt, ist es wohl möglich, dass im ersteren Falle der ventrale Ast übersehen wurde. Doch kann es sich auch um einen thatsächlichen Befund handeln, da Variationen an dieser Stelle häufig sind.

finden sich die Nerven meistens in den Zwischenräumen zwischen den *Musculi radiales*, sind aber durchaus nicht auf denjenigen Zwischenmuskelspalt beschränkt, in welchen sie einmal eingetreten sind, sondern können denselben verlassen, den nächst begrenzenden *Musc. radialis* durchbrechen und sich in diesem und dem nächsten Spalt, sowie an die jenen begrenzenden Muskeln verzweigen. Die Textfiguren 9 und 11, p. 178—180, welche isolirte Radialmuskeln von der Seite darstellen, enthalten dafür zahlreiche Beispiele.

Ich will nicht auf all das Detail dieser Geflechte eingehen, welches sehr variiert und wenig Interesse bietet. Das Nothwendige ist aus den Abbildungen zu entnehmen.

Es ist jedoch wichtig, zu beachten, dass überall innerhalb der Muskeln und in den Zwischenräumen zwischen ihnen feinste Nervengeflechte nachweisbar sind, die wie ein Filz das Muskelgewebe durchziehen. Es kommt auch häufig vor, dass die feinsten motorischen Aestchen bis zur Oberfläche der *Mm. radiales* vordringen, sich an dieser verzweigen und mit rückläufigen Aestchen wieder in andere *Mm. radiales* eindringen (siehe beispielsweise die in Textfigur 14, p. 190, eingetragenen Nerven).

Endbezirke der serialen Nerven im ventralen Hauptmuskel.

Da bei *Acanthias* die Verbindungen der Nerven am medialen und lateralen Rande des *Metapterygium* (prä- und postaxialer Plexus) fast alle präparatorisch aufgelöst werden können und manche Aeste bis zum Eintritt in die Musculatur uniserial bleiben, gelang es mir, die motorischen Endbezirke der einzelnen serialen Nerven festzustellen. Ich habe die Resultate bereits in 2 Zeichnungen veröffentlicht (1898, Taf. XII, Fig. 1 und 2), von denen eine (in Textfigur 13 dieser Arbeit reproducirt) die Unterfläche, die andere (siehe Textfigur 14 dieser Arbeit) die Oberfläche des ventralen Muskels darstellt. Die Nervenbezirke sind in beiden durch Einzeichnung der serialen Ziffer des betreffenden Metamers kenntlich gemacht, welchem der zugehörige Nerv entstammt.

Man kann aus Textfigur 13, deutlicher jedoch aus dem Oberflächenbild (Textfigur 14), in welchem die demselben Metamer zugehörigen Bezirke durch besondere Linien umgrenzt sind, entnehmen, dass die *Musculi radiales* sämtlich polyneure Muskeln sind. Ferner gilt für dieselben die Regel, dass die proximalen Theile der Muskeln von mehr cranialwärts entspringenden Nerven versorgt werden als die distalen Theile derselben, da letztere ihre Nerven von mehr caudalwärts im Rumpf liegenden Nerven beziehen. Dieses insbesondere von FÜRBRINGER (1888) für höhere Wirbelthiere aufgestellte Gesetz gilt also schon für *Squaliden*¹⁾.

Betrachtet man ferner die Vertheilung der Muskelbezirke im Vergleich zu derjenigen der *Basalia* des Knorpelskelets, so zeigt sich, dass das *Propterygium* von Muskelfasern bedeckt wird, deren Entstehungsgebiet am meisten von allen Extremitätenmuskeln cranialwärts liegt, das *Metapterygium* dagegen von solchen, die am weitesten caudalwärts am Körper hervorgingen. Die Musculatur des *Mesopterygium* hält zwischen beiden die Mitte. Nach der HUXLEY'schen Nomenklatur liegen also das *Pro-* und *Mesopterygium* präaxial zum *Metapterygium*.

Eine eigenthümliche Erscheinung bietet die Vertheilung der motorischen Nervenendbezirke in der medial vom *Metapterygium* liegenden Musculatur. Auch hier wurde der *Plexus postaxialis*, soweit dies bei der Feinheit seiner Elemente möglich war, entwirrt. Dabei stellte sich heraus, dass die auf dem lateralen Theil der Oberflächenzeichnung des Muskels (Textfigur 14) schräg von innen-vorn nach aussen-hinten verlaufenden haploneuren Muskelbezirke medialwärts nur im proximalen Theil der Flosse in derselben Richtung fortzusetzen sind. Weiter distalwärts biegen dieselben dagegen immer mehr in eine stärker zur

1) Bei *Ceratodus* ist der Verlauf der Nervenstämme innerhalb der Flosse demjenigen bei *Acanthias* so ähnlich (Taf. XXIII, Fig. 1 und 2), dass höchst wahrscheinlich die Vertheilung der Nerven an die Muskeln keine sehr verschiedene ist. Es gilt bei *Ceratodus* dasselbe Gesetz (vergl. p. 162).

Flossenaxe geneigte (10., 11. Metamer), schliesslich senkrecht zu derselben geordnete (12. Metamer) Lage ein. Darauf folgt am distalen Ende der Musculatur eine Umkehr der haploneuren Zonen in eine entgegengesetzt gerichtete schräge Lage, da dieselben medial (postaxial) vom Metapterygium von vorn-aussen nach hinten-innen verlaufen, lateral (präaxial) von demselben aber dieselbe Lage wie weiter vorn beibehalten. Die letzte Zone (14. Metamer) sitzt rein axial und erreicht weder den prä- noch postaxialen Rand der Flossenmusculatur.

Fig. 13.

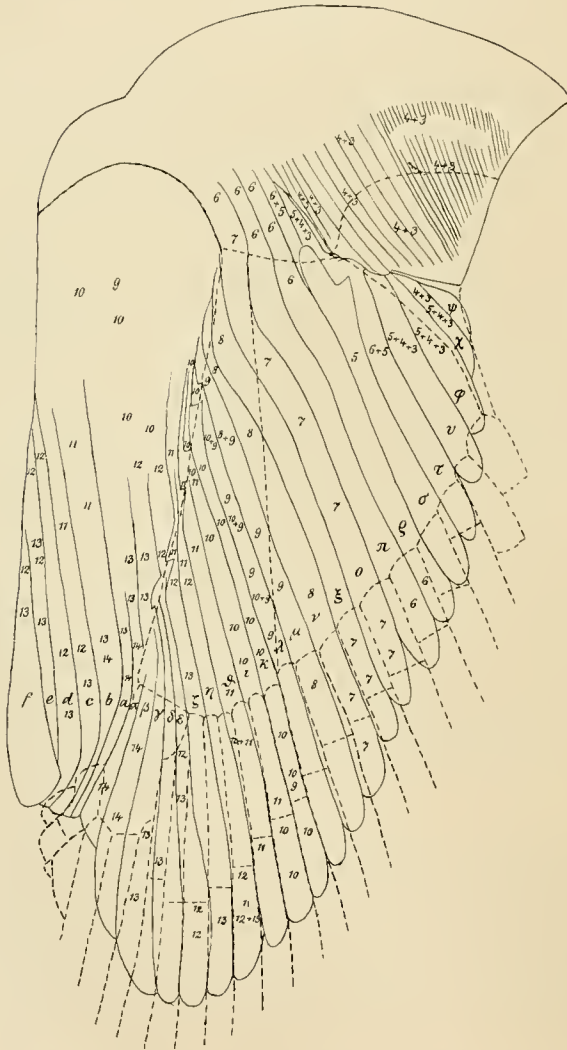


Fig. 14.

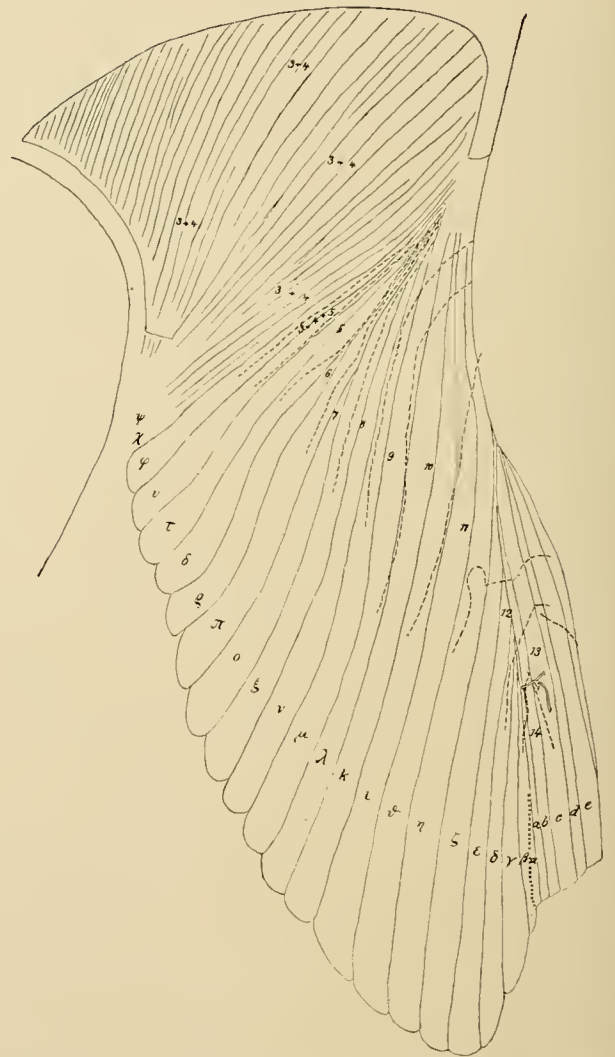


Fig. 13. Unterfläche des ventralen Hauptmuskels von *Acanthias vulgaris* RISSO (2mal vergr.). Der Knorpel ist mit gestrichelten Linien, die Muskelradialen sind mit ausgezogenen Linien contourirt. Letztere sind mit Buchstaben bezeichnet, welche der Fig. 2, Taf. XXIII, entsprechen. Die Ziffern geben an, welche serielle Nervenfasern sich an der betreffenden Stelle in der Musculatur verzweigt.

Fig. 14. Oberfläche des ventralen Hauptmuskels von *Acanthias vulgaris* RISSO (2mal vergr.). Bezeichnung der Mm. radiales (ausgezogene Contouren) wie in Fig. 13. Die Grenze zwischen α und β ist im Präparat sehr undeutlich und deshalb punktiert. Die gleich innervierten Zonen sind durch gestrichelte Linien gegen einander abgegrenzt, soweit die Trennung der serialen Nervenbestandtheile gelang. Jede trägt die Ziffer des die Zone versorgenden serialen Nerven. Die Grenzen sind Mittelwerthe, da an ihnen häufig Aestchen liegen, welche aus zwei serialen Componenten zusammengesetzt sind, deren Endgebiet in einer so kleinen Zeichnung nicht scharf wiederzugeben ist. — Aus M. rad. *a* tritt ein Nerv heraus, läuft eine kleine Strecke über die Oberfläche des Muskels und biegt sich dann an M. rad. *e*, in welchen er sich mit Aestchen einsetzt.

Ich habe früher bereits (1898—1899) auf diesen Befund aufmerksam gemacht und gezeigt, dass aus demselben eine ursprüngliche Anordnung der haploneuren Musculatur zu den Knorpelradien in einer von der Lage und Zahl dieser durchaus abweichenden Weise folgt. Doch wird sich aus ihm auch ein positives Argument für den Vergleich der Selachier- und Dipnoerextremität weiter unten gewinnen lassen.

Ich mache noch bezüglich der Textfiguren 9 und 11, p. 178 und 180, besonders darauf aufmerksam, dass die Endäste der Nerven durchaus nicht etwa an die verschiedenen Faserkategorien gesondert verlaufen. Es kommt sehr oft vor, dass ein und dasselbe Nervenästchen sowohl Mm. zono- als auch pterygo-keratoidei oder erstere und Mm. zono-pterygiales versorgt. Es hängen also die Fasersysteme der verschiedenen Kategorien deshalb zusammen, weil sie unvollständig gesondert sind, nicht weil Verschmelzungen früher selbständiger Muskeln vorliegen. Im letzteren Falle wäre ein anderer Nervenbefund zu erwarten.

Zum Schlusse muss ich noch die sensiblen Nervenäste an der ventralen Brustflossenhälfte von *Acanthias* erwähnen. Sie gehen einmal aus den an der Unterfläche des Muskels verlaufenden langen Nervenstämmen hervor, von welchen Aeste, ohne sich überhaupt in die Musculatur einzusenken, distalwärts bis zu den Hornfäden und durch diese hindurch zur Haut verlaufen (Taf. XXIII, Fig. 2). Ausserdem aber sind die in und zwischen den Radialmuskeln Geflechte bildenden Nerven nicht rein motorisch, sondern geben an die Oberfläche des Hauptmuskels und an die sie bedeckende Haut sensible Fädchen ab (Textfigur 9, p. 178). Zu diesen beiden Quellen der Hautnerven kommt noch das bereits erwähnte Contingent hinzu, welches die Rr. cutanei der Bauchwand durch ventrale Seitenäste abgeben (p. 187).

Ausser *Acanthias* habe ich noch bei *Hexanchus*, einigen Spinaciden (*Laemargus*, *Scymnus*) und bei *Odontaspis* die Rr. ventrales der Flossennerven präparirt. Von den Befunden will ich hier nur hervorheben, dass bei *Laemargus* der postaxiale Längsstamm am medialen Rande des Metapterygium auf der Unterfläche der Musculatur weiter proximalwärts als an der medialen Oberfläche, und zwar bis zu den vordersten Flossennerven, zu verfolgen ist.

Nerven des dorsalen Hauptmuskels; Mangel directer Beziehungen zu den ventralen Flossennerven.

Die Nerven des dorsalen Hauptmuskels bedürfen nach der vorangehenden Schilderung der ventralen keiner ausführlichen Beschreibung. Auch hier bitte ich vor allem die Abbildungen (Taf. XXII und Textfigur 12a, p. 182) zu betrachten. Wir finden im Allgemeinen sehr ähnliche Verhältnisse wie auf der ventralen Seite. Es liegt jedoch der postaxiale Längsstamm, soweit er entwickelt ist, nicht unmittelbar dem Skelet an, sondern auf der tiefen Schicht der Mm. pterygo-keratoidei.

Vergleicht man die Vertheilung der Flossennerven an die beiden Hauptmuskeln, so zeigt sich, dass die gleichen metameren Nerven sich auf der dorsalen und ventralen Flossenfläche zwar in ähnlicher, aber durchaus nicht identischer Lage an den Knorpelradien befinden.

In Textfigur 12a (p. 182) sieht man die Verzweigungen der dorsalen, in 12b diejenigen der ventralen Aeste der Flossennerven. Um die Bilder nicht zu complicirt zu gestalten, sind nur die stärkeren Nervenäste mit den ihnen entsprechenden serialen Ziffern versehen und nur die Knorpelradien numerirt. Die Mm. radiales sind mit gestrichelten Linien eingetragen, aber nicht besonders benannt. Man kann sich bei diesen beiden Figuren leicht überzeugen, wie verschieden der Verlauf und die Vertheilung der Nervenäste gleicher Metameren auf beiden Seiten der Flossen ist, wenn man die Lage derselben zu den Radien des Skelets betrachtet. Die grössten Unterschiede finden sich bei den Aesten des 9., 10. und 13. Nerven, die geringsten

bei denen des 7. und 8. Aber auch bei letzteren walten im Detail grosse Differenzen ob. Das Gleiche geht aus einer Zusammenstellung der Nervenverhältnisse bei *Hexanchus* hervor:

	6	6	7	7	7	8	9	9	10	10	11	11	12	12		13	13	14
XX	XIX	XVIII	XVII	XVI	XV	XIV	XIII	XII	XI	X	IX	VIII	VII	VI	V	IV	III	
	7		7	8	8	9	9	9	10	10	11	12	12	13	13	13	14	
				7		8			9				12	12				

In diesem Zahlenschema sind die Knorpelradien mit römischen und die grösseren Nervenstämme mit arabischen Ziffern angegeben. Man stelle sich vor, dass das Ganze einen Querschnitt durch die Flosse von *Hexanchus* repräsentire, welcher distal von den Basalia durch die Radien derselben geführt und diese vom III.—XX. Radius getroffen habe. Die dorsale Musculatur mit ihren Nerven würde über den Querschnitten der Knorpelradien, die ventrale unter ihnen liegen. Da, wo verschiedene seriale Nervenfasern zu einem Stamm sich verbinden, sind die betreffenden, sie bezeichnenden Ziffern unter einander gesetzt (z. B. 10, 9 und 7, 8 etc.).

Die Zahlenreihe ist insofern schematisch, als statt einer genauen Zeichnung der Knorpel- und Nervenquerschnitte nur Ziffern angegeben sind. Die Stellung der Ziffern zu einander ist aber naturgetreu nach dem Präparat construirt, so dass man sich genau über die Lage der Nervenstämme zu den Knorpeln und über die Lage der ersteren zu einander orientiren kann. Liegt z. B. ein Nerv auf der Fläche eines Knorpelradius an der Stelle, durch welche der Schnitt hindurchgegangen sein soll, so steht die betreffende arabische Ziffer genau über oder unter der lateinischen (z. B. 13 und VI); liegt derselbe zwischen zwei Radien, so entspricht die arabische Ziffer in ihrer Stellung dem Zwischenraum zwischen den beiden entsprechenden lateinischen (weitaus die meisten Fälle).

Man beachte besonders die seitliche Verschiebung der dorsalen Nervenäste des 7., 8. und 9. Metamers gegen die entsprechenden ventralen.

Es kommt nicht vor, dass motorische ventrale Aeste zum dorsalen Hauptmuskel oder umgekehrt solche des letzteren zum ventralen Hauptmuskel verlaufen. Dagegen sah ich bei *Acanthias* am distalen Flossenrand wohl sensible Aeste der einen Seite in geringer Zahl sich um die mediale Flossenkante herum auf die andere Seite begeben.

2. Die Nerven der Beckenflosse.

Die Nerven der Beckenflosse sind bei *Acanthias* von v. DAVIDOFF (1879) beschrieben worden. Dieser Autor hat hier zuerst Längsstämme der Nerven sowohl beim ventralen wie dorsalen Hauptmuskel gesehen. Im Uebrigen sind seine Angaben über die Nervenverbreitung in der Flosse selbst entsprechend den unvollkommenen technischen Hilfsmitteln der damaligen Zeit lückenhaft und schematisch, so dass ich nicht bei denselben zu verweilen brauche (man vergl. das Original 1879, p. 465 und 466).

Die Rr. pterygiales communes der Beckenflosse von *Acanthias* verlaufen theils dia-, theils metazonal. Von letzteren gehen die vordersten (37.—40.) durch die Bauchmusculatur hindurch, nahe der Bauchmittellinie. Doch ist diese an jener Stelle, nahe der Cloake, stark reducirt und erreicht die Mittellinie nicht ganz. Die Flossenäste des 41.—45. Nerven gelangen deshalb bis an den äussersten Rand der Bauchmusculatur, biegen um diesen herum und erreichen auf diesem Wege die Flosse. Aussen von der Bauchwand geben die Nerven zunächst Hautnerven ab, von denen namentlich diejenigen der hintersten Nerven sich mit reichen Verästelungen an die Haut der Cloake und in dem Bindegewebe zwischen Flosse und Cloake verzweigen. Doch geben alle sensible Aeste an die Flosse.

Alle eigentlichen Flossennerven zerfallen bei der Beckenflosse in zwei Aeste: einen Ramus pteryg. dorsalis und einen R. pteryg. ventralis.

Ich gebe in Fig. 1, Taf. XXIX, eine Abbildung des Nervenverlaufes am ventralen Hauptmuskel der Beckenflosse von *Acanthias*. Es sind nur die ventralen Flossenäste gezeichnet.

Wir sehen medial vom Metapterygium einen feinen Plexus sich auf den Mm. zono-ptyrgiales ausbreiten. Er entspricht dem Plexus postaxialis der Brustflosse.

Eine Längsstammabildung ist ähnlich wie bei der vorderen Extremität von *Laemargus* vorhanden. Sie erstreckt sich bis zu den vordersten Flossennerven (p. 191). Die Dicke der Nerven und des Längsstammes ist jedoch sehr gering und entspricht etwa dem medialen Geflecht, welches auf meinen Abbildungen der Brustflosse von *Acanthias* im Zusammenhang mit dem dort weniger ausgedehnten Längsstamm steht (Taf. XXII, Fig. 4, Taf. XXIII, Fig. 2). Numerisch ist also bei *Acanthias* der postaxiale Plexus an der Beckenflosse höher entwickelt als an der Brustflosse; quantitativ ist jedoch letzterer im Uebergewicht.

Am lateralen Rande des Metapterygium der Bauchflosse liegt ein kräftig entwickelter Plexus mit mehreren Längsstämmen, welche parallel mit einander verlaufen (Taf. XXIX, Fig. 1). Von diesen hat v. DAVIDOFF einen gesehen und als Längsstamm beschrieben. Aus dem Geflecht der durch zahlreiche Anastomosen mit einander verbundenen Längsstämme setzen sich dann lateralwärts die Endäste fort, welche, wie die Längsstämme selbst, zwischen der Unterfläche des Muskels und dem Skelet liegen. Sie sind sehr zahlreich und verhalten sich zu den Mm. radiales gerade so wie die Nerven der Brustflosse zu diesen.

Der Lage nach entspricht dieser Plexus mit seinen Längsstämmen den Geflechtem am präaxialen Rande des Metapterygium und auf dem Meso- und Propterygium der Brustflosse (Plexus praeaxialis). Er ist von ihm nur durch die höhere Entwicklung der Geflechtbildung unterschieden.

Der Nervenbefund an der Beckenflosse erinnert in allen Einzelheiten an die Befunde bei der Brustflosse, zeigt aber überall, dass eine höhere Stufe der Entwicklung erreicht ist (p. 186). Die Nervengeflechte haben sich allenthalben zu Längsstämmen verdichtet, auch an Stellen, an welchen bei der Brustflosse solche nicht vorkommen, und sind da, wo sie auch bei der Brustflosse vorhanden sind, den extremen Fällen an Ausdehnung gleich. Ausserdem ist die Theilung in ventrale und dorsale Aeste für die beiden Hauptmuskeln bei der Beckenflosse eine gleichmässige bei allen Nerven, wie es nur bei wenigen an der Brustflosse der Fall ist.

Die Verhältnisse am dorsalen Muskel stimmen mit dem entsprechenden an der Brustflosse überein, jedoch mit ähnlichen Abänderungen, wie wir sie soeben beim ventralen Muskel constatiren konnten. Besonders hervorzuheben ist nur, dass die Mm. trunco-keratoidei in ganz gleicher Weise innervirt werden wie diejenigen der Brustflosse. Da dieselben bei letzterer mit Mm. zono-keratoidei eng zusammenhängen (Textfigur 7, p. 176) und auch mit diesen gemeinschaftlich innervirt werden, so sind sie und ebenso die ihnen parhomologen Fasern der Beckenflosse von solchen abzuleiten.

Die ausserordentlich innigen Geflechte der Nerven machten es mir unmöglich, die metameren Nerven hier bis zu ihren Enden zu verfolgen. Es ist jedoch anzunehmen, dass entsprechend der stärkeren Plexusbildung auch eine hochgradigere Umlagerung der metameren Muskelelemente in der Beckenflosse gegenüber der vorderen Extremität stattgefunden hat. Dass eine Umlagerung überhaupt vorkommt, ist entwicklungsgeschichtlich für die Anfänge der dann noch einfacheren Prozesse erwiesen (BRAUS, 1899, p. 543, 568).

c) Zusammenfassung und Schlüsse.

Selachier- und Dipnoerflosse.

Wiewohl die Flossenerven bei den Selachiern mit ihren Aesten zahlreiche und innige Geflechte in der Extremität eingehen, so lassen sich doch bei vielen die Hauptstämme eine ziemliche Strecke weit in die Flosse hinein oder völlig isoliren. Einen Eindruck von dem ganzen Verlauf der Nerven der Brustflosse erhält man z. B. von *Acanthias*, wenn man zunächst die Rr. ventrales auf Textfigur 6, p. 170, betrachtet und bei diesen die Rr. pterygiales communes aufsucht. Die Fortsetzung derselben ausserhalb der Bauchwand und die Spaltung in die Rr. pterygiales ventrales und dorsales findet man auf Taf. XXII in Fig. 4 dargestellt. Den Verlauf der Rr. dorsales giebt Textfigur 12a, p. 182, denjenigen der Rr. ventrales Textfigur 12b und mit grösserer Vollständigkeit Taf. XXIII, Fig. 2 wieder. Endlich sind Bilder der letzten Verästelungen verschiedener Nervenäste der Textfiguren 12a und b in den Textfiguren 9, p. 178, und 10, p. 180, wiedergegeben. Es ist hier ein günstiges Object vorhanden, an welchem sich bestimmen lässt, wo ein jeder serialer Nerv mit seinen motorischen Verästelungen in der Flossenmusculatur endet. In der That gelang bei *Acanthias* eine Entwirrung der Nervengeflechte an den meisten Stellen der Flosse, so dass ich in Textfigur 13 und 14, p. 190, Bilder geben kann, bei welchen die Nervenendbezirke mit den entsprechenden serialen Nummern der sie versorgenden Aeste versehen sind.

Ursprüngliche Uebereinstimmung der Flossenmusculatur beim Hai- und Lungenfisch.

Die Oberfläche der Musculatur (Textfigur 14, p. 190) besitzt bei *Acanthias* eine Anordnung der serialen Nervenbezirke, welche an die Vertheilung der Zwischensehnen und der von ihnen begrenzten Muskelpartien bei der *Ceratodus*-Flosse erinnert. Denn im Gegensatz zu den Mm. radiales, welche bei *Acanthias* ungefähr dem Verlauf der Knorpelradialen folgen, sind die haploneuren Zonen durch Grenzen von einander geschieden, welche senkrecht oder schräg zu der Axe des Metapterygium verlaufen. Im distalen Theil der Flosse sind zwei Grenzlinien vorhanden (zwischen dem Bezirk des 14. und 13. und 13. und 12. Spinalnerven), welche, entsprechend dem Verlauf der Zwischensehnen der *Ceratodus*-Flosse (Taf. XXI, Fig. 1 und 2), in terminalwärts offenem Bogen durch die Musculatur construirt werden müssen. Die Grenze zwischen dem Endgebiet des 12. und 11. Spinalnerven repräsentirt nur den einen Schenkel eines solchen Bogens und die Mitte desselben. Der andere Schenkel fehlt. Bei den weiter proximalwärts folgenden Grenzen ist auch die Mitte nicht mehr vorhanden.

Reconstruirt man jedoch in Gedanken die nach den Befunden GEGENBAUR's (1865, 1873) und BUNGE's (1874) am Skelet abortive postaxiale Seite der Flosse nach der Form, welche uns die fossilen Funde bei Xenacanthiden (GOLDFUSS, 1847, FRITSCH, 1888, 1889, BRONGNIART, 1888, DÖDERLEIN, 1889) zeigen, so würde man eine Ergänzung gerade desjenigen Theiles der Grenzlinien erhalten, welcher unvollständig ist. Denn auch beim Skelet fehlt der proximale Theil des Radialbesatzes. Wahrscheinlich ist also früher die Aehnlichkeit der Grenzlinien zwischen den haploneuren Zonen mit dem Verlaufe der Insculptiones tendineae bei *Ceratodus* noch grösser gewesen. Denn der distale Theil des postaxialen Flossenabschnittes ist auch beim Skelet noch einigermaassen in Form rudimentärer Radialen am medialen Rande des Metapterygium, besonders bei Embryonen von Squaliden, erhalten und mit dem Skelet von *Ceratodus* vergleichbar. Dem entspricht die Vollständigkeit der hier in der Form der Innervationsbezirke mit den Zwischensehnen bei *Ceratodus* obwaltenden Aehnlichkeit. Ebenso wie man das Skelet weiter proximalwärts nach dieser Partie reconstruiren muss, hat man auch die Muskelzonen hier entsprechend den

distalen zu ergänzen und also dem erhaltenen präaxialen Schenkel noch eine Mitte und einen postaxialen Schenkel, wo eines von beiden oder beide nicht vorhanden sind, hinzuzufügen.

Der Unterschied der Musculatur gegenüber derjenigen der *Ceratodus*-Flosse ist andererseits nicht gering. Denn bei letzterer werden von den Zwischensehnen polyneure Segmente eingeschlossen, während bei *Acanthias* gerade die haploneure Natur der Bezirke Anlass zu der Form der Grenzlinien giebt.

Es ist jedoch in dem zusammenfassenden Capitel über die *Ceratodus*-Flosse bereits die Frage erörtert worden (p. 171), ob nicht in den Zwischensehnen dieser Extremität alte Gebilde vorliegen, welche entstanden sind, ehe die Vermischung der metameren Muskelfasern eintrat, und sich, wenn auch in anderer Zusammensetzung (polyneure Inscriptionen), aus mechanischen Gründen erhalten haben trotz der Umwälzungen, welche die an ihnen befestigte Musculatur erlitt. Eine Parallele konnte in dem Schicksal der Bauchmusculatur in der Gegend des Schultergürtels, also gerade dem Mutterboden der Musculatur der vorderen Extremität nach unseren neurologischen und entwicklungsgeschichtlichen Erfahrungen, und dem Verhalten ihrer Zwischensehnen bei Aufgabe der primären Metamerie nachgewiesen werden (*Hexanchus* Taf. XXIV und *Acanthias* Textfigur 6, p. 170).

Es wäre also denkbar, dass die Musculatur ursprünglich in Form metamerer, durch Inscriptionen von einander getrennter Bündel auf die Flosse überwanderte. Bei *Acanthias* wäre dann in der Weiterentwicklung eine Anpassung der Muskelfasern an die von ihrem Verlauf ursprüngliche abweichende Richtung der Radialen und damit ein Verlust der Inscriptionen eingetreten. Denn die Entfaltung der Musculatur und des Skelets ist bei den Selachiern wesentlich lateralwärts gerichtet, beschränkt sich also auf den präaxialen Theil der Flosse, während die Axe keine besondere Ausdehnung gewinnt und der postaxiale Theil der Extremität sogar der Rückbildung verfällt (p. 196). Dadurch gerathen die Inscriptionen grösstentheils in die Richtung des Verlaufes der Muskelfasern, werden mechanisch unwirksam und verschwinden. Auf dem kleinen, der ursprünglichen Axe entsprechenden Bezirke des Metapterygium jedoch und namentlich am distalen Ende desselben, sind die metameren Abtheilungen dort, wo keine Befestigungen am Knorpel eingetreten sind (also an der Oberfläche des Muskels) noch einigermaassen erhalten und an ihrer Innervation zu erkennen. Beim *Ceratodus* andererseits wäre die Einwanderung der Musculatur in die Flosse in derselben Weise erfolgt, jedoch wäre, da eine Entfaltung der axialen Partien des Skelets, nämlich ein beträchtliches Wachstum der Axe und ihres Radialbesatzes sowie eine transversale Gliederung derselben unter dem Einfluss der Musculatur eingetreten ist, eine andere Entwicklungsrichtung in der Ausbildung der Extremitätenmuskeln als bei den Selachiern eingeschlagen worden. Die Inscriptiones tendineae hätten sich als eine mechanisch höchst wirksame Einrichtung für die Flosse im axialen Theil derselben erhalten, indem sie immer wieder aufs neue, allerdings jedesmal aus anderem Material gebildet wurden. Die Form und Anordnung der alten Zwischensehnen blieb auf diese Weise dieselbe, und wenn neue hinzutraten, übernahmen auch diese die zweckmässige und deshalb bei den anderen vererbte Anordnung. Die Musculatur wäre ebenfalls Umformungen unterlegen, während sie sich der Form des Skelets anpasste, und hätte ihre metamere Structur dabei völlig, soweit meine Kenntniss reicht, verloren. Bei ihr ist infolgedessen von der alten Anordnung nichts mehr erhalten.

Im Folgenden werde ich auseinanderzusetzen haben, inwieweit diese Vorstellung von der phylogenetischen Entwicklung der Musculatur bei der Selachier- und Dipnoerflosse mit den übrigen morphologischen Thatsachen im Einklang steht, um daran ihre Berechtigung zu prüfen.

Homologien und Divergenzen der Lage und Verbindungsweise bei den Flossennerven.

Die Flossennerven bilden bei *Ceratodus* innerhalb der Extremität Geflechte, welche besonders dicht zu beiden Seiten der Axe angeordnet und dort in der Längsrichtung der Flosse proximo-distalwärts ver-

laufen. Dieselben bestehen bei der Brustflosse im Wesentlichen noch aus lockeren Anastomosen, sind aber bei der Beckenflosse stellenweise zu einheitlichen Stämmen zusammengeschlossen. In Textfigur 15a und c habe ich in halbschematischer Weise die Anordnung der Nerven auf dem Skelet wiederzugeben gesucht und durch schwarze Färbung diejenigen Geflechte hervorgehoben, welche zu beiden Seiten der Axe (schwarz gestrichelte Linie) verlaufen. Die Flossennerven, aus welchen sich die beiden Geflechte (Plexus prae- und postaxialis) aufbauen, und die Endäste, welche von ihnen ausgehen, sind mit doppelten Contouren als helle Streifen gezeichnet. Bei *Acanthias* können mit den Längsstämmen Nervenverbindungen (schwarz in der Figur) verglichen werden, welche ebenfalls prä- und postaxial liegen (Textfigur 15b und d). Bei

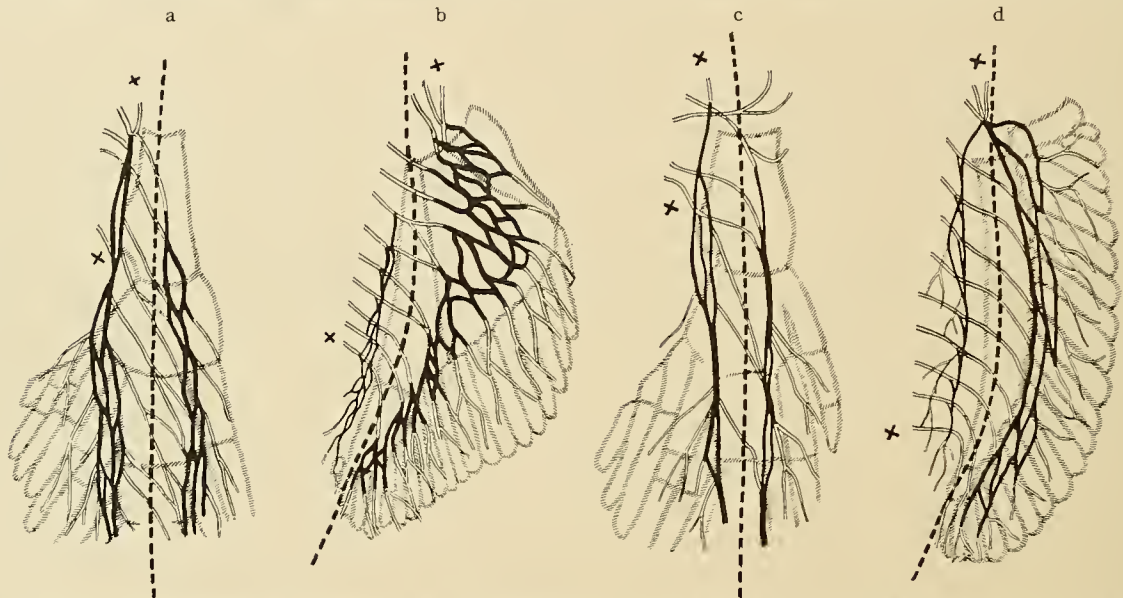


Fig. 15. Halbschematische Wiedergabe der Anordnung der Nerven zwischen Knorpel und Musculatur der Flosse. a Brustflosse von *Ceratodus*, b von *Acanthias*, c Beckenflosse von *Ceratodus*, d von *Acanthias*. Contouren des Knorpelskelets mit schräg gestrichelten Linien, Axe des Skelets mit fett gestrichelter Linie und Nerven mit ausgezogenen Doppelcontouren wiedergegeben. Der Plexus praeaxialis (rechts von der Axe) und der Plexus postaxialis (links von der Axe) sind durch schwarze Ausfüllung des Zwischenraumes zwischen der Doppelcontour der Nerven hervorgehoben. Der erste und letzte Flossennerv sind mit einem Kreuz bezeichnet.

der Brustflosse (b) sind dieselben im Allgemeinen lockerer als bei der Beckenflosse (d). Am postaxialen Rande der Brustflosse ist der Plexus schwächer als auf der präaxialen Seite und (bei *Acanthias*) nur am distalen Flossenende reichlicher entwickelt. Er setzt sich aus Aesten der Hauptflossensäme zusammen. Diese selbst ziehen über das Meta- und Mesopterygium hin und bilden hier — präaxial — ein lockeres Geflecht mit zahlreichen Maschen, welche zum Theil auf dem Skelet, zum Theil aber auch in der Musculatur selbst liegen. Bei der Beckenflosse sind die Nervenverhältnisse denen der vorderen Extremität principiell gleich; nur ist der Plexus postaxialis feiner, aber manchmal aus einer grösseren Zahl serialer Componenten zusammengesetzt, der Plexus praeaxialis dagegen viel fester gefügt und einem Längsstamm ähnlicher als bei der Brustflosse.

Zu den vorhandenen Beweisen für die ehemalige Existenz eines grösseren postaxialen Flossenabschnittes bei den Haien liefert also die Neurologie der Flossen einen neuen hinzu, indem noch ein beträchtlicher Theil der Musculatur und Nerven erhalten ist, der ursprünglich diesem Abschnitt angehörte. Die Muskeln, welche von dem Plexus postaxialis versorgt werden, ziehen über die noch erhaltenen Radien des medialen Flossenabschnittes bei Squaliden hin (bei der Brustflosse von *Acanthias* über die medialen Strahlen 1—4) und sind theils noch an Hornfäden gleich den lateralen Muskeln befestigt (Mm. zono-keratoidei), theils haben sie an der medialen Kante des Metapterygium neue Anheftungen gefunden (mediale Mm. zono-ptyrgiales). Durch solche Umwandlungen und durch die noch relativ stattliche Ausdehnung des Plexus postaxialis gegenüber dem

spärlichen Vorkommen medialer Knorpelradialen am terminalen Ende der Skeletaxe wird die Unmöglichkeit einer anderen Auffassung dargethan, welche in dem medialen Radialbesatz des Flossenskelets recenter Haie den Beginn der Differenzirung eines biserialen Skelets erblickt und also letzteres von der uniserialen Form ableiten will (BALFOUR, 1881, p. 552; HOWES, 1887, p. 15; WIEDERSHEIM, 1892, p. 57, u. A. m.).

Der präaxiale Plexus der Brustflosse von *Acanthias* ist weit lockerer als selbst derjenige der Brustflosse von *Ceratodus*. Es steht dies im Einklang mit der Entfaltung von Skelet und Musculatur in lateraler Richtung bei den Haien. Indem Radialen den Schultergürtel erreichten und mit ihren basalen Theilen die Meso- und Propterygia bildeten (GEGENBAUR, 1870, 1898), entwickelten sich hiermit in Wechselwirkung die Muskeln in senkrechter Richtung zur Axe und zogen den Plexus in diesem Sinne aus. Bei der Beckenflosse der Squaliden dagegen ist kein Mesopterygium gebildet und die Verbreiterung des Skelets nicht in solchen Maass erfolgt wie bei der Brustflosse. Dort ist der Plexus praeaxialis auch mehr in die Länge gestreckt und demjenigen der Brustflosse von *Ceratodus* ähnlich.

Die Rr. pterygiales mediales et laterales resp. dorsales et ventrales verhalten sich bei Dipnoern und Selachiern ihrer Lage nach sehr verschieden von einander, ehe sie zwischen Skelet und Musculatur eindringen. Denn bei *Ceratodus* liegen sie, entsprechend der kleinen Stelle, an welcher die Flosse mit der Rumpfwand verbunden ist, eng zusammen. Bei den Squaliden (und in noch höherem Maasse bei den Rochen) nehmen sie gemäss der breiten Verbindungsfläche zwischen Extremität und Rumpf eine viel längere Linie ein. In Textfigur 15 ist bei den verschiedenen Flossen der Abstand des vordersten vom hintersten Flossennerven durch 2 Kreuze markirt und an der verschiedenen Entfernung dieser von einander der Unterschied zwischen *Ceratodus* und *Acanthias* leicht zu erkennen. Im weiteren Verlauf der Nerven, zwischen Knorpelskelet und Musculatur, verwischt sich dieser Unterschied, indem nicht nur bei *Acanthias* die Nerven, nachdem sie die Aeste zum Plexus postaxialis abgegeben haben, schräg über die Axe des Skelets auf dessen andere (präaxiale) Seite hinüberziehen, um dort den präaxialen Plexus zu bilden, sondern indem auch bei *Ceratodus* ein ganz ähnlicher schräger Verlauf der Nervenäste in grösseren oder kleineren Abständen von einander beobachtet wird (man vergleiche Textfigur 15, sowie die Originalabbildungen auf Taf. XXIII und XXVII). Bei *Acanthias* ist das Verhalten der Nerven leicht verständlich, da die Aeste den kürzesten Weg von der Eintrittsstelle der grösseren Stämme in die Flosse aus gegen ihr Endgebiet wählen. Bei *Ceratodus* jedoch würde man erwarten, dass die Nerven annähernd in der Richtung der Flossenaxe verlaufen und von vornherein die beiden, dieser parallel gelagerten Plexus bilden würden. Statt dessen wird aber auch hier zuerst der Plexus postaxialis erzeugt. Eine grosse Zahl der Zuführungsäste für den Plexus praeaxialis passirt zunächst den ersteren, anstatt sich direct dem letzteren beizugesellen.

Diese enge Beziehung der Flossennerven zum postaxialen Rande des Skelets und zu dem dieser Seite der Extremität zugehörigen Nervengeflecht bei Selachiern und Dipnoern findet eine einfache Erklärung in der Annahme, dass von dieser, bei beiden horizontal am Rumpfe liegenden, Strecke aus ursprünglich die Einwanderung der Rumpfmusculatur in die Flossenanlage erfolgt ist. Das ist aber nur dann möglich gewesen, wenn der jetzige postaxiale Rand der Flosse mit der Rumpfwand in relativ breitem Verband stand¹⁾. Die Differenz zwischen den Nerven des Hai- und Lungenfisches bei ihrem Eintritt in die Extremität ist zu Stande gekommen, indem von dem Indifferenzzustande aus bei *Ceratodus* ein Längenwachsthum parallel zur Rumpfwand, also in der Richtung der Axe der Flosse eintrat, während bei Squaliden eine Vergrösserung, besonders an der Brustflosse, schräg oder senkrecht zu der Axe durch Bildung neuer, mit dem Extremitätengürtel articulirender Basalia (Meso- und Propterygii) stattfand. Im ersteren

1) Ueber die Form der Flosse und speciell diejenige ihres Skelets zu jener Zeit s. p. 199. Die Form des letzteren muss biserial gewesen sein. Denn die *Ceratodus*-Flosse von einer Extremität mit uniserialen Gliedmaassenskelet abzuleiten, widerspricht allen thatsächlichen Erfahrungen (s. o.). Bezüglich der scheinbar widersprechenden Funde bei *Cladodus* (NEWBERRY 1890, S. WOODWARD 1892, JAEKEL 1892, DEAN 1894, 1896) vergleiche die Kritik von O. REIS (1896), BRAUS (1898 A, p. 443) und besonders SEMON (dieser Band, p. 105).

Falle ist die ursprüngliche Basis der Flosse durch die terminale Ausdehnung in den Hintergrund gedrängt worden. Sie wird bei *Ceratodus* weiterhin secundär verkürzt (p. 167). Im letzteren Falle hat sie erhöhte Bedeutung gewonnen und progressiv (besonders bei Rochen) an Umfang zugenommen (BRAUS, 1898 A, p. 414 u. f.).

Die Stellung der Flosse bei Selachiern und Dipnoern ist eine Function dieser divergenten Entwicklungsrichtung. Die einseitige Entfaltung der Axe in die Breite und die Ausdehnung des präaxialen Radienbesatzes bei Selachiern ist offenbar im Zusammenhang mit der Horizontalstellung erfolgt. Der postaxiale Theil des Knorpelskelets nimmt bei den Squaliden dagegen eine der verticalen Stellung dieses Abschnittes bei *Ceratodus* entsprechende Lage ein (Taf. XXII, Fig. 2—4). Es erklärt sich daraus, dass der hier laterale, im Uebrigen ventrale Hauptmuskel in seinem zwar sehr rudimentären postaxialen Theil immerhin besser erhalten ist als der entsprechende Abschnitt des medialen, bezw. dorsalen Hauptmuskels. Denn die Rückbildung der postaxialen Radien und ihrer Musculatur ist jedenfalls eine Folge der Berührung, in welche gerade dieser Theil derselben mit der Rumpfwand gerieth. Dabei war die in mediale Stellung umgebogene Flossenseite die zuerst und am stärksten, die laterale die weniger betroffene Seite.

Es ist nicht erforderlich, daraus zu schliessen, dass die ganze Selachierflosse gleichzeitig mit ihrem postaxialen Abschnitt einst die verticale Stellung eingenommen hat. Wenigstens zeigen die paläontologischen Abbildungen und Beschreibungen (GOLDFUSS, 1847, p. 404; FRITSCH, 1889, p. 29; ZITTEL, 1890, Fig. 99), dass die radienreichere Seite der Axe im Original nach aussen, die radienärmere nach innen liegt. Die horizontale Hauptlage der Extremität dieser Fossilien ist um so wahrscheinlicher, weil freie Radien mit dem Becken (und auch mit dem Schulterbogen, KNER, 1867, p. 575, Taf. II, DÖDERLEIN, 1889, Textfigur) articuliren. Es liegt deshalb der Schluss näher, dass nur der reducirte Abschnitt der Flosse mit der progressiven Entwicklung der präaxialen Seite an die Rumpfwand und hier in senkrechte Lage gedrängt wurde, als dass sich die ganze Flosse in eine solche gedreht hätte.

Die Uebereinstimmung der Extremitäten von Selachiern und Dipnoern hat durch die Aehnlichkeit der Muskel- und Nervenverhältnisse beider eine Stütze erhalten im Sinne der GEGENBAUR'schen Ansicht, welche nach den Befunden am Skelet für beide eine biserialen Ausgangsform annimmt. Wir können also mit Recht erwarten, in der Musculatur und Innervation der Squaliden- und Dipnoerflosse im Allgemeinen Zustände zu finden, welche sich ergänzen zur Reconstruction der Urform. Dadurch gewinnt die oben (p. 195) geäußerte Ansicht eine Stütze, dass die noch stellenweise (am Metapterygium) erhaltene metamere Gliederung der Musculatur bei der *Acanthias*-Brustflosse ein Rest ursprünglicher Verhältnisse, und ebenso die Inscriptiones tendineae der *Ceratodus*-Flosse entsprechende, wenn auch polyneur metamorphosirte Ueberbleibsel seien, welche zusammen auf die ehemalige Einwanderung metamer gegliederter Rumpfmuskelmassen schliessen lassen¹⁾. Halten wir damit zusammen, dass bei allen Extremitätennerven niederer Fische eine gleichmässige Theilung in je zwei Theile für die beiden Hauptmuskeln und eine seriale Reihenfolge vorhanden ist, welche sehr auffallend und schwer erklärlich wären, wenn die Muskeln von vorn (cranial) und hinten (caudal) an die Flosse herangetreten wären, und dass auch an der *Ceratodus*-Flosse die Ursprünge der Hauptmuskeln früher ganz und auch jetzt bei der Brustflosse noch völlig dorsal und ventral (nie cranial und caudal) vertheilt sind, so müssen wir annehmen, dass die Musculatur eine horizontal liegende Brücke oder Verbindungszone benutzte, um in die Flosse zu gelangen und an dieser sich zunächst in Form eines dorsalen und ventralen Hauptmuskels vertheilte. Auch entwicklungsgeschichtlich legt sich die Flossenleiste bei allen

1) Durch die zufällige Coincidenz der Richtung der einwandernden Myotome mit derjenigen der präaxialen Radien wurde bei den Haien eine relativ ursprünglichere Anordnung der Muskeln innegehalten, da bei ihnen die weitere Ausgestaltung der Extremität sich in dieser gemeinsamen Richtung bewegte. Bei *Ceratodus* dagegen verwischten sich die ursprünglichen Verhältnisse mehr, weil die alte Entwicklungsrichtung der Flosse, welche hier innegehalten wird, zufällig nicht mit der Richtung der einwandernden Myotome coincidirte. Denn diese verläuft in der Richtung der Flossenaxe, also senkrecht zu letzterer. Man kann deshalb nicht sagen, dass die Verhältnisse bei *Acanthias* in toto primitiv geblieben seien. Denn sie verdanken die relative Ursprünglichkeit nur einer mehr zufälligen Coincidenz bei progressiver Ausgestaltung des Skelets. Letzteres steht bei *Ceratodus* der Urform näher.

niederen Fischen, selbst beim Lungenfisch, in der Horizontalen an, um von dort in der Richtung weiter zu wachsen, welche die ausgebildete Flosse einnimmt.

Das knorpelige Flossenskelet kann zu dieser Zeit nur einen geringen Umfang besessen haben. Denn hat es überhaupt Seitenradien zu jener Zeit gegeben, so müssen diese biserial gestanden haben, da Selachier sowohl wie Dipnoer in den morphologischen Bestandtheilen ihrer Flosse die ursprüngliche Biserialität in deutlichen Spuren bewahrt haben (p. 196) der offen zur Schau tragen. Ein biseriales Skelet kann in horizontaler Stellung nur dann gedacht werden, wenn die Seitenradien der einen Hälfte cranialwärts, diejenigen der anderen caudalwärts schauen, die Axe also nahezu senkrecht vom Körper absteht. Denn sonst kann sich nur eine Hälfte der Seitenradien entfalten, weil die Nähe der Rumpfwand die andere am Wachstum hindern muss. Ein uniseriales Knorpelskelet als Ausgangsform, wie im letzteren Falle, ist weder für das Dipno- noch das Selachopterygium möglich (p. 197). Eine horizontal liegende Flosse mit senkrecht vom Körper abstehendem knorpeligen Axenstab und biserialen Radienbesatz kann aber nur ein beschränktes Wachstum haben. Denn sie wird stets Gefahr laufen, abgeknickt oder beschädigt zu werden.

Die Entwicklungsgeschichte des Extremitätenskelets hat uns gelehrt (durch die Arbeiten von BALFOUR, RABL, MOLLIER, SEMON), dass die erste Anlage bei allen Paläichthyern aus einem einheitlichen Stab besteht, der späteren Axe, welcher mit dem Extremitätengürtel zusammenhängt. Ein solches Stadium kann der Extremitätenknorpel zu der Zeit repräsentirt haben, als die Rumpfmusculatur von ihm Besitz ergriff. Mit der Bildung von Radien, welche zu beiden Seiten dieses Stabes hervorsprossen, wie dies jetzt noch an der Spitze der *Ceratodus*-Flosse regelmässig der Fall ist (SEMON, 1898), bildete sich dann von selbst die verticale Stellung aus. Denn jene konnten nur in einer Ebene, aber nach zwei Richtungen (biserialer Form) auswachsen, da die ober- und unterhalb liegenden einheitlichen Muskelschichten jeden anderen Weg versperrten. War aber das Flossenskelet biserial geworden, dann musste das weitere Wachstum von Seitenradien parallel zum Rumpf, also dorsal- und ventralwärts geschehen. Denn wie sollten sonst alle auswachsenden Seitenradien Platz finden, und wie sollten sie so wie der Axenstrahl vor Verletzungen geschützt werden? Dabei ist von der Brustflosse des *Ceratodus* die entgegengesetzte Richtung wie von der Bauchflosse eingeschlagen worden, so dass bei der ersteren die ehemals dorsale Muskelschicht zum Theil medial, bei der letzteren zum Theil lateral vom Skelet zu liegen kommt und die ehemals ventrale Musculatur entsprechend in entgegengesetzte Position geräth, wie die Innervation (p. 166) und auch die Entwicklungsgeschichte (SEMON) beweist. Es liegt nahe, hier mit HATSCHEK (1889) anzunehmen, dass verschiedene functionelle Anpassung, und zwar bei ersterer die Schwimm-, bei letzterer die Stütz- (oder Kriech-)Function den Anstoss zu der verschiedenen Bildungsweise gab. Bei den Vorfahren der Selachier ist nur der postaxiale Theil der Flosse in die verticale Stellung gedreht worden, und zwar, entsprechend der Schwimmstellung bei *Ceratodus*, ebenfalls ventralwärts. Er wurde jedoch zurückgebildet. Die rudimentäre postaxiale Partie hält diese Stellung heute noch inne (p. 198). Die progressiv sich entfaltende präaxiale Seite dagegen entwickelte sich in der Horizontalebene lateralwärts weiter und schlug damit Bahnen ein, welche weitab von der Entwicklung der Dipnoer führen.

Divergente Entwicklung und Wirkungsweise der Musculatur.

Nicht nur in der Verschiedenheit der Stellung und der sie bedingenden verschiedenen Ausbildung des Skelets und der Musculatur in terminaler und lateraler Richtung wurden von der Selachier- und Dipnoerflosse divergente Bahnen eingeschlagen. Auch im Einzelnen ist die Musculatur bei beiden in recht verschiedener Weise dem Skelet angepasst. Es besteht allerdings das Gemeinsame, dass die Muskelfasern zum Theil an den Hornfäden inseriren und dadurch der Möglichkeit einer directen Einwirkung auf das Knorpelskelet der Flosse entbehren. Jedoch ist auch hierbei der quantitative Unterschied zwischen Selachiern und Dipnoern ein ganz beträchtlicher. Vergleicht man die Textfiguren 2, p. 151, und 10, p. 179, in welchen mit

Punkten die Insertionen am Knorpelskelet angegeben sind, mit einander, so erkennt man negativ an der geringen Ausbreitung derselben bei Selachiern gegenüber *Ceratodus*, dass bei ersteren eine sehr viel stärkere Entfaltung der an den Hornfäden inserirenden Muskeln vorhanden sein muss. Denn alle Fasern, welche sich nicht zum inneren Skelet begeben, sind am äusseren festgeheftet. Es ist nun charakteristisch für die Befestigungsstellen der Muskelfasern am Knorpelskelet bei Squaliden, dass dieselben nur an den Rändern der Flosse zu finden sind. Am präaxialen Rande bilden sie an der ventralen Fläche der Flosse einen *Musculus abductor*, welcher seinem Bau und seiner Innervation nach als eine progressive Bildung erwiesen wurde. Am postaxialen Rande ist eine Adductionsbeugung an die Contractionen dieser Fasern, welche im Wesentlichen Ueberbleibsel der einst grösseren postaxialen Flossenmusculatur sind, geknüpft und hat wohl zur Erhaltung derselben beigetragen. Beide Muskeln dienen ausserdem, wenn sie gemeinsam wirken, der Bewegung der Flosse im Sinne einer dorsalen oder ventralen Flexion und unterstützen die folgende Gruppe, welcher diese Function hauptsächlich obliegt¹⁾.

Weitaus das Gros der Muskelfasern der Haiflosse entspringt am Schultergürtel oder an den Basalia der freien Flosse (Textfigur 10, p. 179, Kreuze) und inserirt an den Hornfäden. Für diese Muskeln bietet der

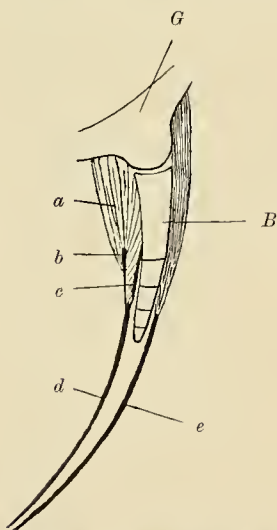


Fig. 16. Längsschnitt durch die Squalidenflosse. *G* Stück des Schultergürtels (längs getroffen), *B* Basale mit Radius von 4 Quergliedern, *a* contrahirter Hauptmuskel, aus *Mm. zono-keratoidei* und *Mm. pterygo-keratoidei* bestehend, *b* Zwischensehne zwischen beiden Kategorien von Muskelfasern, *c* Ursprungsehne der distalen *Mm. pterygo-keratoidei*, *d* activ, *e* passiv flectirter Hornfäden.

Knorpel keine Angriffspunkte, sondern er ist nur das *Punctum fixum*, von welchem aus die Bewegung erzeugt wird. Freilich ist das in einer umfassenderen Weise zu verstehen als bei den Extremitäten höherer Thiere. Denn der Knorpel ist auch in den terminalen Theilen, welche frei von Muskelursprüngen sind, ein *Punctum fixum* für die Extremität. Ohne ihn würde die Flossenplatte nicht den erforderlichen Stand haben und unter der Wirkung der Musculatur einknicken. Der Knorpel verhindert das letztere, ermöglicht aber bei seiner Biagsamkeit doch eine Bewegung der Flossenfläche. Die einzige Winkelbewegung findet in dem Schulter- resp. Hüftgelenk statt. Textfigur 16 veranschaulicht im Längsschnitt durch die Selachierflosse die Anordnung und Wirkungsweise der am äusseren Skelet inserirenden Muskelfasern. Den am Flossenskelet selbst (den Basalia) entspringenden Fasern, welche erst später aus den *Mm. zono-keratoidei* sich abgezweigt haben (p. 178), liegt die Function ob, nicht nur die Wirkung der letzteren zu verstärken, sondern auch die Hornfäden mit ihren basalen Enden in der Nähe des Flossenknorpels zu erhalten. Würden die am Extremitätengürtel oder der Rumpfwand in ziemlicher Entfernung vom Schulter- bzw. Hüftgelenk entspringenden Muskelfasern allein auf die Hornfäden einwirken, so würde Gefahr vorhanden sein, dass die letzteren vom Knorpelskelet abgelöst würden und der Zusammenhang der Theile Schaden litte. Es wirken also die *Mm. pterygo-keratoidei* in ähnlicher Weise wie die *Inscriptiones tendineae* und die *Mm. zono-ptyrgiales* an den Radien der *Ceratodus*-Flosse (p. 150, 151). Hierin offenbart sich eine grosse Divergenz in der Myologie der Dipnoer- und Selachierflosse. Denn dieselbe Function wird hier durch die

Differenzirung der Ursprungs-, dort durch diejenige der Insertionspartien der Muskeln erreicht. Dies ist von Einfluss auf andere Unterschiede in der Muskelanordnung.

1) Die Insertionen am Knorpelskelet der freien Flosse sind nach dieser Auffassung secundäre Erscheinungen. Da die Musculatur des Selachopterygium nicht so sehr verändert ist wie diejenige des Dipnopterygium (p. 198), können die zahlreicheren Insertionen bei letzteren nicht als primär angesehen werden. Es erscheint mir deshalb nicht wahrscheinlich, dass die Befestigungsweise der Musculatur am inneren Skelet, welche die *Ceratodus*-Flosse mit der cheiropterygialen Extremität in nahen Zusammenhang bringt (Cap. IV dieser Abhdl.), der Anheftung an der Haut vorausging.

Während nämlich bei Selachiern die entsprechend den Basalia des Skelets breite Entfaltung der Ursprünge der Muskeln eine grosse Flächenwirkung auf die Extremität vermittelt, specialisirt sich bei *Ceratodus* die Function viel mehr, da die Insertionen zum Theil an das vielgliederige Radienskelet geheftet sind. Ebenso dient bei letzterem die indirecte Befestigung der Muskeln durch die Inscriptionen am Knorpel einer viel mannigfacheren Beweglichkeit der Flosse als bei den Haien. Es ist über die specielle Art der Bewegungen in dem Capitel über die Dipnoerflosse in extenso berichtet worden. Im Zusammenhang mit den viel directeren Einwirkungen auf das knorpelige Skelet steht die Ausbildung eines zweiten Gelenkes beim *Ceratodus*, welches SEMON (1898) zwischen 1. und 2. Glied des Axenstrahles nachwies.

Als Ausdruck für die mannigfaltigere Gliederung der *Ceratodus*-Musculatur gegenüber den Haien kann das Vorkommen von *Mm. pterygiales proprii* betrachtet werden (p. 148), welche den letzteren völlig fehlen. Dieselben bilden einen Neuerwerb des Lungenfisches, der für den Vergleich mit der pentadactylen Extremität von Wichtigkeit sein wird (p. 200 Anm.).

III. Die Ganoidenflosse.

Da wir bekanntlich unter den jetzt lebenden Ganoiden nur spärliche Ueberreste zahlreicher, ganz oder fast ganz ausgestorbener Familien von grossem Formenreichtum besitzen, so finden wir erklärlicher Weise eine ziemlich bedeutende Divergenz in der Organisation derselben, entsprechend ihrer verschiedenen Stellung im System aller, wesentlich aus paläontologischen Funden uns bekannt gewordenen Schmelzfische (vergl. besonders HAECKEL, 1895, p. 244 ff.). Dieselbe ist auch bei den Extremitäten ausgedrückt, wie bereits die classischen Untersuchungen GEGENBAUR's über das Skelet derselben darthaten (1865). Ich werde schon aus diesem Grunde die bisher durchgeführte zusammenfassende Anordnung des Stoffes für diese Classe der Fische aufgeben und die einzelnen Familien, von denen ich die für uns wichtigsten (*Acipenseriden*, *Crossopterygier*, *Amiaden*, p. 141) bevorzuge, getrennt besprechen.

Ausserdem sind aber die Bauchflossen der Ganoiden infolge ihrer vom Bau der Brustflossen abweichenden Structur zum Ausgangspunkt besonderer, tief in das theoretische Gebiet der Extremitätenfrage einschneidender Speculationen gemacht worden (THACHER, 1877 A, B, MIVART, 1879, WIEDERSHEIM, 1892). Es kommt deshalb darauf an, die Beziehungen zwischen Brust- und Bauchflosse dieser Fische zu einander und zu denen der übrigen Paläichthyer durch eine genaue Untersuchung der Structureigenthümlichkeiten beider festzustellen. Ich durfte hoffen, durch neue Thatsachen aus den fast ganz brach liegenden Gebieten der Neuro- und Myologie der Ganoidenflosse die Frage nach der Entstehung derselben neu zu beleben.

Deshalb bespreche ich die beiden Extremitäten der Ganoiden gesondert, behandle in jedem Capitel die verschiedenen, bei jetzt lebenden Ganoiden vorkommenden Hauptformen und versuche erst in besonderen Schlusscapiteln die Details für allgemeine Schlüsse über die Abstammung der Ganoidenflosse zu verwerthen.

A. Brustflosse.

1. *Acipenseriden*.

a) Myologie.

Die Musculatur der Brustflosse von *Acipenser ruthenus* L., welche ich meiner Beschreibung zu Grunde lege, setzt sich zunächst aus 2 Hauptmuskeln, *Mm. pterygiales communes*, zusammen. Der eine

entspringt dorsal am Schultergürtel, und zwar einmal an dem medial freiliegenden knorpeligen Theile (Scapula, Taf. XXV, Fig. 1) und andererseits am lateralen Deckknochen [Cleithrum¹⁾, Taf. XXVI, Fig. 3], ohne dass jedoch im Muskel selbst eine Trennung, entsprechend der Verschiedenartigkeit der Ursprungsstellen, zu bemerken wäre. Die höchste Erhebung in dorsaler Richtung liegt da, wo die oberflächliche Ursprungslinie die Grenze zwischen Scapula und Cleithrum schneidet (Taf. XXVI, Fig. 3). Von da aus dacht sich der Muskelursprung lateral- und medialwärts, hier am Knorpel, dort am Knochen ab bis in die Höhe der Ansatzstelle für das Skelet der freien Gliedmaasse (Taf. XXV, Fig. 1), lateral ist dieser Ort durch den knöchernen Randstrahl des äusseren Skelets (Os marginale) und speciell den Beginn des Kapselbandes, welches diesen am Schulterdeckknochen befestigt, bestimmt.

Die Insertion des dorsal entspringenden Hauptmuskels liegt bei der normalen Stellung der Flosse horizontal. Sie fällt mit den Anfängen der dorsalen knöchernen Strahlen des äusseren Flossenskelets zusammen, an welchen die Muskelfasern mittelst Sehnen befestigt sind. Es liegt dieser Hauptmuskel also an Ursprung, Insertion und in seinem ganzen Verlauf völlig dorsal. Die distale, von Muskelfasern freie und nur vom äusseren Skelet eingenommene Flossenfläche ist an ihrem medialen Rande ein wenig ventralwärts abgebogen. Dies tritt stärker als in der Normalstellung hervor, wenn man den Schultergürtel aus der Rumpfwand herauslöst und senkrecht hält (in Taf. XXV, Fig. 1 ist er so abgebildet, wie wenn er in der Ebene des Papiers läge; man übersieht dabei einen grossen Theil der dorsalen Flossenfläche). Doch liegt dies lediglich daran, dass der Schultergürtel bei *Acipenser* in situ ziemlich schräg zur Sagittalebene des Thieres orientirt ist.

Der ventrale Hauptmuskel ist mit seiner oberflächlichen Ursprungslinie an das Coracoid und die Clavicula und mit seiner entsprechenden Insertion an die Anfänge der ventralen knöchernen Flossenstrahlen angeheftet. Den medialen Theil der ersteren sieht man in Fig. 1, Taf. XXV.

Die Faserkategorien der Hauptmuskeln.

Die speciellere Structur der beiden Hauptmuskeln ist eine complicirte, da verschiedene Faserkategorien unterschieden werden können. Dieselben folgen zwar in einer constanten Reihenfolge auf einander von der Ober- zur Unterfläche der Hauptmuskeln hin (dermo-chondrale Richtung). Doch sind die Uebergänge allmählich, so dass man keine Muskelschichten in Form specialisirter Muskelindividuen unterscheiden kann. Aehnlich ist dies mit der Eintheilung der Hauptmuskeln in medio-lateraler Richtung (Mm. radiales), auf welche ich weiter unten zurückkomme.

Es giebt in den Hauptmuskeln Fasern, welche am Schultergürtel entspringen und an den Strahlen des äusseren Skelets inseriren [Mm. zono-keratoidei²⁾]. Diese finden sich an der ganzen Oberfläche der Mm. pterygiales communes mit Ausnahme des medialen Theiles, welcher der Rumpfwand zugewendet ist.

An letzterem kommen Fasern oberflächlich zum Vorschein, welche am Schultergürtel, wie die vorigen, entspringen, aber am Knorpelskelet der freien Flosse inseriren (Mm. zono-pterygiales). Dieselben finden sich innerhalb des eigentlichen Hauptmuskels nur an dieser Stelle, sind aber in den Muskel hinein ein wenig lateralwärts zu verfolgen. Sie bilden dort gegenüber den Mm. zono-keratoidei eine tiefere Schicht. Bei Oberflächenbildern kann man sich übrigens über die topographische Anordnung dieser Muskeln leicht

1) In der Nomenklatur folge ich GEGENBAUR (1898, siehe dort Literatur).

2) Trotzdem bei den Ganoiden keine „Hornfäden“, sondern echte Knochenstäbe das äussere Skelet der Flossen zusammensetzen, und diese Muskeln deshalb richtiger etwa Mm. zono-dermostoidei benannt werden müssten, behalte ich doch der Einheitlichkeit der Bezeichnung wegen die bei Selachiern und Dipnoern gebrauchte Benennung bei. Ich gebe derselben den Vorzug, weil diese beiden Gruppen die primitiveren Verhältnisse der Gliedmaassen im Allgemeinen bewahrt haben, ohne dass ich aber dadurch etwas bezüglich der genetischen Beziehungen der Skeletelemente der Haut zu einander präjudiciren möchte.

täuschen lassen. In Fig. 1, Taf. XXV, hat es z. B. den Anschein, als ob ziemlich alle an der medialen Flossenfläche liegenden Muskelfasern am Knorpel inserirten. Dies ist jedoch nicht der Fall. Vielmehr lassen sich die distaleren Muskelbündel bei dem Versuch, sie präparatorisch zu isoliren, sämtlich bis an die Befestigung am äusseren Skelet und an dessen ganz medial liegende Knochenstrahlen (die in Fig. 2, Taf. XXV, abgebildet sind) verfolgen. Am Knorpel ist eine relativ kleine Insertionszone vorhanden, welche auf den proximalen Theil des Metapterygium beschränkt ist. Am dorsalen Hauptmuskel ist dieselbe ungefähr kreisförmig (in Fig. 2, Taf. XXV, durch schwarze Punktirung umgrenzt).

Eine weit stärkere Ausdehnung als die beiden vorerwähnten Kategorien besitzen die *Mm. pterygo-keratoidei* der Störflosse. Dieselben entspringen nicht nur am Metapterygium überall da, wo keine Insertionen für die vorige Gruppe vorkommen, also am weitaus grössten Theile desselben (Taf. XXV, Fig. 2), sondern in besonders grosser Menge und Dichte an den freien Radien, welche bei den Stören auf das Metapterygium folgen oder direct am Schultergürtel articuliren (vergl. auch Textfigur 17). Bei diesen sind sie nicht auf den Knorpel selbst beschränkt, sondern überall auch an das bindegewebige, straffe Zwischengewebe zwischen den Knorpelradien angeheftet. Auch am Basale propterygii entspringen einige *Mm. pterygo-keratoidei*.

Die Ursprungszone dehnt sich in proximo-distaler Richtung überall so weit aus wie der Contour des Hauptmuskels überhaupt, welcher für den dorsalen in Fig. 2, Taf. XXV, durch die roth punktirte Linie angegeben ist. Sie erreicht also nicht die Endglieder der Radien. Dagegen erstreckt sie sich auch bei den dem Metapterygium angehefteten Radien (und bei den freien Radien selbstverständlich) mit Ausnahme der am meisten medial, in der Verlängerung der Flossenaxe liegenden Knorpelstückchen mindestens auf die proximale Hälfte derselben. An den Radien ist die Musculatur überall in dieser Zone mit ihren Ursprüngen direct am Perichondrium befestigt.

Es ist von MOLLIER (1897) besonders hervorgehoben worden, dass in älteren Entwicklungsstadien der Störbrustflosse eine gleichmässige Schicht von Muskelfasern zu beiden Seiten des Skelets existirt. Bei ausgebildeten Thieren ist dieselbe jedoch in schmale Bündel abgetheilt, welche ich auch hier *Musculi radiales* nennen will. Man sieht dieselben auf dem Oberflächenbild (Taf. XXV, Fig. 1; Taf. XXVI, Fig. 3), ebenso an der Unterfläche des Hauptmuskels (Taf. XXV, Fig. 3), findet jedoch bei der Verfolgung ins Innere Schwierigkeiten bei dem Versuch, die einzelnen Radialmuskeln isolirt abzugrenzen. Dieselben bestehen einmal darin, dass die Muskeln sehr schräg zur Fläche des Knorpelskelets stehen, indem ihr äusserer (dermaler) Rand weit mehr lateral liegt als ihr unterer (chondraler) Rand. Sie sind in Folge dessen viel breiter, als man bei der geringen Dicke der Hauptmuskeln erwarten sollte. Ausserdem aber bestehen wirkliche Zusammenhänge einzelner Muskelfasern benachbarter Radialmuskeln untereinander und zwar bei allen Radialmuskeln an den verschiedensten Stellen. Das ist ein Rest der embryologisch gleichmässigen Verbindung aller Muskelfasern mit einander.

Die Zahl der Radialmuskeln ist weit beträchtlicher als diejenige der Knorpelradien (Taf. XXV, Fig. 3), ihre Anordnung zu letzteren im Allgemeinen so, dass die Muskeln dem Verlaufe der Knorpelstrahlen folgen. Doch ist genaue Uebereinstimmung nirgends vorhanden; vor allem bestehen am Meta- und Propterygium beträchtliche Schrägstellungen zwischen den Längsaxen der Knorpeltheile und Muskel-



Fig. 17. Längsschnitt durch einen freien Radius der *Acipenser*-Brustflosse. *G* Schultergürtel (längs getroffen), *R* Radius mit 2 distalen Quergliedern, *a* contrahirter Hauptmuskel mit *Mm. zono- und pterygo-keratoidei*, *b* Knochenstrahl.

bündel. Die Breite und Zahl der *Musc. radiales* entspricht dagegen derjenigen der Knochenstrahlen ziemlich genau, wie schon BRUTZER (1859, p. 28)¹⁾ fand.

Der innere Bau der *Mm. radiales* ist ein gefiederter. Zahlreiche vom Knorpel entspringende Muskelfasern vereinigen sich mit einer Anzahl vom Schultergürtel kommender Fasern zu einer Zwischensehne. Diese liegt aber nur eine kurze Strecke lang wirklich zwischen beiden Faserkategorien, tritt dann auf die Oberfläche des *M. radialis* und dient nunmehr zur Insertion der *Mm. pterygo-keratoidei* (in Textfigur 17 halb schematisch abgebildet). Die überwiegende Zahl der letzteren gegenüber den *Mm. zono-keratoidei* bei der Zusammensetzung der *Mm. radiales* fällt besonders auf und stempelt den distalen Theil der letzteren zu einfach gefiederten Muskeln im Unterschied zu dem doppelt gefiederten proximalen Theil.

Die Musculatur des knöchernen Randstrahles.

Die Hauptmuskeln, welche ich bisher beschrieb, machen aber nur etwa die Hälfte der Muskelsubstanz aus, welche sich auf der freien Flosse findet. BRUTZER (1859, p. 28) bemerkt, dass bei der ventralen Musculatur des *Scaphirhynchus* ein grosser Theil durch den Knorpelkanal zum Capitulum des ersten Knochenstrahles verlaufe. Ich finde bei der *Acipenser*-Flosse dorsal (roth ausgezeichnet, Taf. XXV, Fig. 2) und ventral (Taf. XXV, Fig. 3) Muskeln, welche speciell dazu dienen, den starken lateralen Knochenstrahl der Extremität (*Os marginale*) in Bewegung zu setzen.

Beim dorsalen Hauptmuskel setzen sich die am meisten lateral, auf dem Propterygium liegenden Radialmuskeln mit ihren Ursprüngen am Schultergürtel in den weiten dorsalen, von GEGENBAUR (1865) bereits genauer beschriebenen Knorpelkanal fort und gelangen durch diesen an das Cleithrum am vorderen (cranialen) Rande des Schultergürtels. Diese Muskelpartie ist auf Taf. XXV, Fig. 2 durch rothe Punktirung (rechts von dem mit *M. add. oss. marg.* bezeichneten Muskel) umgrenzt; in Fig. 1 liegt ihr Anfang am Cleithrum unter den Nervenstämmen *a* (1) bis *c* (3) oberflächlich vor. Im letzteren Bild ist deutlich von ihr eine andere, als *M. add. oss. marg.* bezeichnete Muskelgruppe getrennt, welche gleichfalls in den Knorpelkanal des Schultergürtels eintritt. Die Trennung ist jedoch nur eine oberflächliche. In der Tiefe hängen beide Muskeln zusammen. Eine durchgehende Scheidung bahnt sich erst beim Verlauf durch den Knorpelkanal an und ist an der Insertion vollendet. Denn die in Fig. 2, Taf. XXV, detaillirt gezeichneten Muskelfasern begeben sich sämmtlich an den Knorpel (*Mm. zono-ptyrgiales*) und inseriren am proximalen Theile des Basale propterygii²⁾, während die übrigen, in Fig. 2 nur durch den Contour angegebenen Fasern an den Knochenstrahlen inseriren (*Mm. zono-keratoidei*).

Da der Zusammenhang der Muskelfasern beider Gruppen am Ursprung und im größten Theile des Verlaufes noch stellenweise (nämlich in der Tiefe) besteht und nur an der Insertion völlige Trennung eingetreten ist, geht schon aus dem Muskelbefund mit Wahrscheinlichkeit hervor, dass hier eine specialisirte Weiterentwicklung der *Mm. zono-ptyrgiales* zu einem, wenn auch nicht ganz, so doch fast vollständigen Muskelindividuum vorliegt, welches am Basale propterygii mit seiner Insertion angreift. Ich nenne diesen Muskel *M. adductor ossis marginalis*.

Das Basale propterygii wird nämlich vom lateralen Knochenstrahl an seiner Spitze völlig und an seiner Basis wenigstens am lateralen Rande scheidenförmig umschlossen (Taf. XXV, Fig. 2). Bewegungen, zu welchen der Knorpel veranlasst wird, müssen sich deshalb auf den Randknochen übertragen. Der *Musc.*

1) Die Vereinigung derselben zu grösseren Fascikeln, welche bei *Scaphirhynchus* den Knorpelradien an Zahl nach BRUTZER entsprechen, sah ich nicht.

2) Dieses trägt bei *Ae. ruthenus* einen Radius (siehe Taf. XXV, Fig. 2), wie das von GEGENBAUR abgebildete Exemplar von *Polyodon folium* (1865, Taf. VIII, Fig. 4).

add. oss. marg. wird seiner Lage nach so wirken, dass er das Basale propterygii in der Richtung seiner Axe auf den Schultergürtel hin zu bewegen versucht. Da aber eine solche Bewegung durch die Lage der Knorpelstrahlen zu einander und ihre Befestigung mit einander verhindert wird, so kann sich die Wirkung nur darin äussern, dass die Axe des Basale propterygii von unserem Muskel in einer der Axe der freien Radien parallelen Stellung erhalten oder nach Verlust derselben wieder in eine solche zurückgeführt wird. Für den knöchernen Randstrahl bedeutet diese Action eine Adduction seiner Spitze gegen den Rumpf hin, vorausgesetzt, dass dieselbe durch eine andere, gleich zu erwähnende Muskelwirkung vorher vom Rumpf weg bewegt und in Abductionsstellung versetzt war.

Während der Adductor oss. marg. im Vergleich zum dorsalen Hauptmuskel mehr zurücksteht, überwiegt gegenüber dem ventralen Hauptmuskel ein Muskel, welcher in Fig. 1 und 3, Taf. XXV, als *M. abd. oss. marg.* bezeichnet ist. Derselbe ist an Ausdehnung nur wenig, an Masse jedoch erheblich grösser als der ventrale Hauptmuskel, da er beträchtlich dicker als letzterer ist. Er füllt mit seiner Ursprungspartie völlig den Anfang des ventralen weiten Knorpelkanales des Schultergürtels aus. Nur gegen die Mündung des Kanales (an der freien Gliedmaasse) hin theilt die Muskelmasse den Raum mit einer anderen, nämlich dem lateralen Theile des ventralen Hauptmuskels, welcher hier von der Clavicula entspringt (Taf. XXV, Fig. 3). Die Ursprünge des *M. abd. oss. marg.* sind ebenfalls an der Clavicula, nur weiter cranialwärts angeheftet, ferner an den Wandungen des ventralen Knorpelkanales und schliesslich an einer derben Fascie, welche letzteren cranialwärts an seinem Anfang bedeckt. Die beiden letzteren Gruppen sind in Fig. 3, die erstere auch in Fig. 1, Taf. XXV, durchschnitten, da die Fascie (in beiden Präparaten) und ausserdem noch der Knorpel (in Fig. 3) bei der Präparation entfernt wurden.

Nur am Ursprung des lateralen Theiles des Hauptmuskels und des *M. abd. oss. marg.* an der Clavicula besteht ein Zusammenhang der Muskelfasern beider, welcher aber auch nur inmitten der Muskeln, nicht an ihrer Ober- und Unterfläche beobachtet wurde. Im ganzen übrigen Verlauf und an der Insertion sind beide Muskeln völlig getrennt (Fig. 3). Der *M. abd. oss. marg.* begiebt sich an den proximalen Theil des knöchernen Randstrahles und befestigt sich hier innen an der Wand der scheidenförmigen Aushöhlung desselben, welche das Propterygium umfasst.

Ich nenne diesen Muskel *Musc. abductor ossis marginalis*, weil er die Basis des knöchernen Randstrahles um das Propterygium als Stützpunkt gegen den Körper des Thieres hin zu bewegen, also die Spitze des Randstrahles vom Körper weg in Abductionsstellung zu bringen vermag. Da der Randstrahl mit dem übrigen Knochenskelet der freien Gliedmaasse durch Bindegewebe fest verbunden ist, wird sich diese Bewegung darin äussern, dass die Flossenfläche ausgebreitet wird und durch ihre Entfaltung in der Fläche eine weit grössere Wirkung auf das Wasser als im ungespreizten Zustand erlangt. Es erklärt sich aus dieser, gewiss sehr wichtigen Function die mächtige Entwicklung des randständigen Knochenstrahles und seiner Musculatur.

Ueber die Zugehörigkeit des *M. abd. oss. marg.* zum ventralen Hauptmuskel wird erst die Innervation vollen Aufschluss geben.

β) Neurologie.

Die Neurologie der Brustflosse der Knorpelganoiden hat nur insofern in der vorliegenden Literatur Berücksichtigung gefunden, als die Zahl und seriale Reihenfolge der beteiligten Nerven bei einigen Exemplaren notirt wurden. Doch sind diese Bemerkungen deshalb wenig brauchbar, weil der Ausgangspunkt der Zählung in Folge der verschiedenen Auffassung der occipitalen und occipito-spinalen Nerven zu sehr schwankt, als dass die einzelnen Befunde mit einander verglichen werden könnten. FÜRBRINGER

(1897, p. 457) giebt zwar Zahlen, die sich leicht auf die meinigen beziehen lassen¹⁾, bemerkt aber ausdrücklich, dass seine Zählungen bezüglich des caudalen Theiles des Plexus brachialis auf Genauigkeit keinen Anspruch machen. Er findet bei *Acipenser* und *Polyodon* 6–7 Componenten. STANNIUS (1854, p. 142) und VAN WIJHE (1882, p. 35) hatten vorher schon für ersteren 6 angegeben.

Verschiedene seriale Versorgung, Verschiebung der Extremität.

Bei den von mir untersuchten Knorpelganoiden wird die Brustflosse von Aesten folgender Spinalnerven versorgt:

<i>Polyodon folium</i> LACÉP.	b, c, d, e, 6, 7, 8
<i>Acipenser stellatus</i> PALL.	b, c, d, e, f, 7, 8
<i>Acipenser ruthenus</i> L.	a, b, c, d, e, f, 7
<i>Scaphirhynchus kaufmanni</i>	a, b, c, 4, 5, 6, 7, (8)

Die Verschiedenartigkeit der serialen Versorgung der hier aufgeführten vorderen Extremitäten ist eine Folge einer bei Ganoiden im Flusse befindlichen Verschiebung der Brustflosse in der Richtung nach dem Schädel zu. Dieselbe ist beim Stör von MOLLIER entwicklungsgeschichtlich demonstrirt worden (1897, p. 37) und wohl grösser, als der Autor selbst vermuthet. Denn nach seinen eigenen Angaben gerathen zwei anfänglich prozonale Nerven in späteren Stadien in den Schultergürtelknorpel hinein. Ausserdem nimmt das 1. definitive Rumpfmeter nach MOLLIER bei der embryonalen Störflosse nicht an der Innervation der Brustflosse theil, während dies beim erwachsenen Thiere wohl der Fall ist (FÜRBRINGER, 1897, p. 457, z = a). Die embryonale Verschiebung erstreckt sich demnach für die ganze Flosse über 1–2 Metamere.

1) Die Eintheilung und Zählung der spino-occipitalen Nerven macht bei den Ganoiden deshalb grosse Schwierigkeiten, weil die Aufnahme neuer Wirbel (occipito-spinaler Elemente) bei diesen Fischen in vollem Flusse, aber bei den verschiedenen Familien in sehr verschiedenem Maasse ausgebildet ist. FÜRBRINGER, welcher allen diesen Verhältnissen die genauesten und ausgedehntesten, in der Literatur niedergelegten Untersuchungen gewidmet hat (1897, p. 448 u. ff.), macht zum entscheidenden Kriterium seiner Eintheilung und Zählung der Nerven einen Befund bei *Polyodon*, bei welchem eine ligamentöse Stelle im Schädel als Rest der Cranio-Vertebralgrenze angesprochen wurde. Dieses Argument wird nach ihm unterstützt durch zwei, früher schon von GEGENBAUR (1887B, p. 12 und 17) angeführte wichtige Beweisgründe, welche dieser einmal in dem spurweise erhaltenen ersten Wirbeldorn und ferner in dem Beginn eines für die Wirbelsäule charakteristischen elastischen Bandes erblickte. Da diese drei charakteristischen Kennzeichen beim Ganoidenschädel manchmal an einer Stelle zusammentreffen, so ist dieselbe allerdings als Wirbelgrenze sicher charakterisirt. Sie kann aber ebensogut die Grenze zwischen zwei ursprünglichen Wirbeln wie diejenige zwischen dem Schädel und dem ersten ursprünglichen Wirbel sein. Denn die Wirbelcharaktere verwischen sich und verschwinden sogar manchmal ganz, wenn die Aufnahme in den Schädel seit langem erfolgt ist.

Ich finde nun bei *Acipenser ruthenus* und *Scaphirhynchus kaufmanni* bei dem Nerven, welcher nach FÜRBRINGER's Bezeichnungsweise gleich z zu setzen wäre, eine beim ausgewachsenen Thier gut erhaltene dorsale Wurzel (Taf. XXVI, Fig. 3, *Nerv a*). Unter den Selachiern würde dieser Befund nur bei heptanchen und hexanchen Squaliden seine Parallelen haben.

Ausserdem liegt derjenige Somit, welcher nach FÜRBRINGER's Auffassung (1897, p. 454), mit t zu bezeichnen wäre, nach den Untersuchungen von SEWERTZOFF (1896, p. 221) in jungen Entwicklungsstadien (Stad. A) mit seiner vorderen Hälfte gerade gegenüber der Vagusanlage. Das ist bei Embryonen pentancher Haie unbekannt. Vielmehr liegt bei diesen t entweder ganz rostralwärts vom Vagus (*Pristiurus*, VAN WIJHE, 1883), oder nur die hintere Hälfte gegenüber dem letzteren (*Spinax*, BRAUS, 1899). Es ist wahrscheinlich, dass bei Notidanidenembryonen t noch complet gegenüber oder sogar caudalwärts von der Vagusanlage zu finden ist, da die spino-occipitalen Somiten in caudo-rostraler Richtung wandern. Auch in diesem Punkt würde also *Acipenser* nach der Nomenklatur FÜRBRINGER's primitivere Verhältnisse aufweisen als die embryologisch bekannten pentanchen Haie.

Dagegen spricht aber die allgemeine systematische Stellung der Ganoiden zu den Selachiern. Die Bezeichnungsweise FÜRBRINGER's bei den Ganoiden ist um ein Metamer zu hoch angesetzt. Auch positive Momente, auf welche an anderer Stelle eingegangen werden soll, lassen sich dafür geltend machen. Bei der Schwierigkeit der Verhältnisse bei Ganoiden ist möglicherweise auch hier eine Rectificirung auf Grund neuer Thatsachen späterhin nothwendig. Der Stand unserer jetzigen Erfahrung scheint mir jedoch diese Correctur nothwendig zu machen. Ich bezeichne daher in der vorliegenden Arbeit die FÜRBRINGER'schen occipitalen Nerven y und z mit z und a (= 1) und entsprechend die occipito-spinalen Nerven a mit b, b mit c etc. Hervorheben möchte ich hier noch, dass SEWERTZOFF (1898, p. 219) bei seinem Einwand gegen die Zählung FÜRBRINGER's irthümlicherweise annimmt, dass die Embryonen pentancher Haie nur drei spino-occipitale Nerven (x, y, z) aufweisen. Hätte er, wie es der Wirklichkeit entspricht (BRAUS, 1899, p. 440 u. f.), fünf (v, w, x, y, z) gezählt, so würde seine Rechnung für *Acipenser*-Embryonen (bei welchen er nur den vordersten von diesen als verschwunden bezeichnet), und für den erwachsenen Störlet mit der meinigen völlig übereinstimmen. Denn ich bezeichne den ersten Nerven bei *Acipenser*-Embryonen mit w (y bei SEWERTZOFF) und den ersten bei erwachsenen Thieren mit z (b bei SEWERTZOFF; für a existirt nach ihm noch der Knorpelkanal, doch keine Nervenfasern; auch ich fand dieselben [y nach meiner Zählung] bei erwachsenen Fischen nicht).

Dadurch wird schon für den Stör die von MOLLIER an ihn geknüpfte Meinung widerlegt, der craniale Rand der Extremitätenanlage sei generell (bei Ganoiden, Selachiern, Reptilien) an das 2. definitive Rumpfmotom (6. Myotom nach MOLLIER) gebunden. Die ausserordentliche, längst bekannte Variabilität in der serialen Stellung der Extremitäten, auch der vorderen, macht eine ganz andere Basis von Untersuchungsmaterial zur Entscheidung solcher Fragen erforderlich, als sie Entwicklungsserien vereinzelter, aus weit entfernten Thierklassen herausgegriffener Embryonalformen liefern können.

Die ontogenetischen Resultate bei *Acipenser sturio* werden bestätigt und erweitert durch andere Anzeichen von Verschiebung, welche sich an den fertigen Flossen der übrigen Knorpelganoiden finden.

Bei *Polyodon* giebt es drei Löcher im Schultergürtel, von welchen das erste (I^{vd}) in seinem dorsalen und ventralen Theile von allen Flossenästen der Spinalnerven b und c und von einem Theile der Aeste von d benutzt wird. Das zweite (II^v) enthält den Rest des ventralen Astes von d und einen Theil des gleichnamigen von e, der dritte (III^v) Kanal endlich den Rest des ventralen Flossenastes von e. Der Rest des dorsalen Astes von d läuft metazonal.

Bei *Acipenser ruthenus* sind zwei dorsale (I^d, II^d) und zwei ventrale (I^v, II^v) Löcher vorhanden. Das letzte von *Polyodon* (III^v) ist in Fortfall gekommen; denn alle Flossenäste vom Nerven e verlaufen metazonal. Beim R. pteryg. d ist keine besondere Veränderung eingetreten; denn ein Theil des dorsalen Astes liegt wie bei *Polyodon* caudal vom Schultergürtel (Taf. XXV, Fig. 1). Der Inhalt der vorhandenen beiden serialen Durchbrechungen mit ihren dorsalen und ventralen Löchern ist wiederum gegenüber *Polyodon* ein wenig im Sinne einer cranialwärts gerichteten Wanderung des Schultergürtels verschoben, indem der zweite ventrale Kanal (II^v) den ganzen ventralen Ast von d umschliesst, während bei *Polyodon* noch der vordere Theil dieses Nerven im ersten Kanal (I^v) liegt. Der dorsale diazonale Ast von d steckt im zweiten dorsalen Kanal (II^d), nicht im ersten (I^{vd}) wie bei *Polyodon*. Im ersten dorso-ventralen Kanal (I^{vd}) finden sich Aeste von a, b und c gegenüber b, c und d bei *Polyodon*.

Bei *Scaphirhynchus kaufmanni* sind weitere Veränderungen bei den diazonalen Nerven eingetreten, indem in den beiden dorso-ventralen Löchern (I^{vd}, II^{vd}), welche ihrer Zahl¹⁾ nach mit den beim Sterlet vorhandenen übereinstimmen, andere seriale Nerven als bei letzterem liegen. Der erste dorso-ventrale Kanal umschliesst die Rr. pterygiales von a und b, während sich beim Sterlet solche von a, b und c fanden; der zweite Kanal beherbergt den vorderen Theil der Flossenäste von c gegenüber denjenigen von d beim *Acipenser*.

Bei *Scaphirhynchus* ist der Schultergürtel nach diesen Befunden um nicht ganz drei Metamere weiter cranialwärts als bei *Polyodon* verschoben. *Acipenser ruthenus* steht zwischen beiden etwa in der Mitte.

Ein weiteres Merkmal der rostralen Verschiebung ist das constante Vorkommen eines Plexus omoptyrgialis posterior. Derselbe besteht aus den 2 oder 3 letzten serialen Flossenästen. Dieselben vereinigen sich ausserhalb der Bauchwand zu einem Nervenstämmchen, welches eine Strecke weit unter der Haut rostralwärts verläuft, ehe es die Extremität erreicht (Taf. XXVI, Fig. 3). Die einzelnen Aestchen sind manchmal ungemein fein und deshalb häufig von den älteren Autoren übersehen worden. Auch ich konnte bei *Scaphirhynchus* nicht mit Sicherheit feststellen, ob in den Plexus posterior noch ein Aestchen vom 8. Spinalnerv eintritt, oder ob er mit dem 7. Spinalnerven abschliesst. Ersteres ist mir aber nach meinen Präparaten wahrscheinlicher.

1) IWANZOW (1887, p. 26) beschreibt bei seinem Exemplar (Species?) ausser I^{vd} (nach meiner Nomenklatur vergl. 1898 A, p. 270) noch vier kleine Kanälchen, aber nicht deren Einschlüsse. Es scheinen seinen Angaben nach II^v, III^v, II^d und vielleicht III^d zu sein. Möglicher Weise ist das eine primitivere Variante als in meinem Exemplare. Doch wäre zur Entscheidung die Kenntniss der diazonalen Nerven erforderlich.

Der Plexus omopterygialis anterior ist bei Acipenseriden wenig entwickelt und ist bei *Acipenser ruthenus* um ein Metamer gegenüber *Polyodon* nach vorn verschoben. Er besteht aus Aesten von a, b und c (Taf. XXVI, Fig. 3) gegenüber b, c, d bei letzterem.

Schliesslich sind die Innervationsverhältnisse der Bauch- und Halsmuskulatur Zeugen einer Extremitätenwanderung nach vorn. Beim Plexus cervicalis zeigte bereits FÜRBRINGER (1897, p. 457), dass bei *Polyodon* eine Betheiligung von drei Nerven (nach meiner Bezeichnung z, a, b), bei *Acipenser sturio* nur eine solche von zweien (z, a) statthat. Wie der Stör verhalten sich auch *Acipenser ruthenus* und *Scaphirhynchus kaufmanni*. Der erste metazonale ventrale Nervenast, also einer von denjenigen, welche die Bauchmuskulatur zu versorgen haben, stammt bei *Polyodon* vom Spinalnerven c, bei *Acipenser ruthenus* (Taf. XXVI, Fig. 3) und *Scaphirhynchus* vom Nerven b.

Plexus omopterygialis distalis.

Der Nervenverlauf in der freien Brustflosse ist für den Sterlet an der Hand der Abbildungen auf Taf. XXV leicht zu erkennen. Ehe die Flossennerven in die Musculatur der Extremität eintreten, bilden sie sehr fein ramificirte Plexusbildungen. Diese gehören schon zum Plexus pterygialis distalis. Sie sind namentlich am dorsalen Hauptmuskel schön entwickelt (Fig. 1); am ventralen Musc. pterygialis communis ist ein stärkerer Zusammenschluss dieser Nerven zu einem mehr einheitlichen Nervenstämmchen erfolgt, welches der Längsaxe des Basale metapterygii folgt. Diese Geflechte bezeichne ich als Plexus postaxialis.

Dringt man zwischen Skelet und Hauptmuskel ein, so findet man ein dichtes Geflecht von Nerven (Fig. 2 *dorsaler Plexus*), dessen stärkste und hauptsächlichste Verbindungen am präaxialen Rande des Basale metapterygii und an der Basis der freien Strahlen, zum Theil noch auf dem Boden des Muskelkanales im Schultergürtel liegen. Dasselbe ist auf beiden Seiten des Flossenskelets sehr ähnlich entwickelt. (In Textfigur 18 sind die Hauptnervenstämmchen der ventralen Seite nach dem Präparat eingezeichnet.) Ich nenne diesen Plexus wegen seiner Lage präaxiales Geflecht.

Von ihm aus dringen theils Nervenästchen direct in die Musculatur ein und verästeln und verbinden sich in dieser in reichem Maasse (theilweise mit punktirten Linien in Fig. 2 angegeben). Andere verlaufen noch eine Strecke lang auf dem Skelet in der Richtung der Radien und geben auf diesem Wege Aeste an die Musculatur ab. Unter letzteren befinden sich besonders starke Hautäste, welche sich über die distale Grenze der Flossenmuskulatur hinaus an die knöchernen Strahlen und von hier zur Haut begeben. Auf der ventralen Flossenfläche ist ein besonders starker derartiger Hautast in das Basale propterygii eingebettet. Er benutzt einen Kanal, welcher den Knorpel der Länge nach durchzieht, und gelangt zwischen dem Endstück des Propterygium und dem Seitenradius desselben in die pulpaartige Höhle des Randstrahles, um weiter distal diesen und die Haut zu versorgen (Fig. 3).

Die Nerven, welche den Musc. adduct. oss. marg. versorgen, entstammen zum grössten Theil dem R. pteryg. dors. des Spinalnerven b(2) (Fig. 2). Der vorderste Theil erhält einige Fädchen von a. Ueberall bestehen innerhalb des Muskels enge, maschenartige Nervenverbindungen zwischen den Ausläufern der einzelnen Nervenästchen. Dieselben hängen continuirlich mit den Geflechten im M. pteryg. communis zusammen (speciell mit den Aesten von c, Fig. 2).

Auch bei dem ventralen Musc. abductor oss. marg. bestehen enge Verbindungen zwischen den Nerven desselben, welche hauptsächlich von c herkommen, aber auch einen feinen Zweig von a + b besitzen (Fig. 3), und den Nerven des ventralen Hauptmuskels. Die laterale Partie des letzteren erhält zahlreiche Aeste desselben Nerven c, welcher auch den M. adduct. versorgt. Die Trennung, welche bei den Muskeln fast vollzogen ist, hat also bei den sie versorgenden Nerven noch nicht Platz gegriffen.

Die Vertheilung der serialen Nerven an die Brustflosse des Sterlets ist, im Allgemeinen genommen, also eine derartige, dass, wie bei Selachiern, der laterale Rand präaxial, der mediale postaxial liegt. Die *Musculi radiales* sind polyneure Gebilde.

2. Crossopterygier.

a) Myologie.

Die Musculatur der Brustflosse von *Polypterus bichir* ist von POLLARD (1892) und KLAATSCH (1896) beschrieben worden. Ich ziehe es vor, die Angaben derselben im Verlauf meiner Darstellung zu erwähnen, anstatt hier schon auf dieselben einzugehen. Denn die Mittheilungen von POLLARD sind klar und einfach, aber so kurz, dass sie allenthalben ein tieferes Eindringen in den Gegenstand nöthig machen. KLAATSCH hat dies versucht, aber eine Reihe, die Angaben POLLARD's zum Theil modificirender Untersuchungen veröffentlicht, welche den Gegenstand sehr compliciren, ohne dass sie den Thatsachen, wie ich glaube, immer ganz gerecht werden. Ich werde dies durch kritische Zusätze zu meiner Darstellung nachzuweisen suchen.

Die Brustflosse des *Polypterus* steht so zum Rumpf, dass man eine dem Rumpf anliegende (mediale) Fläche von einer von demselben abgewendeten (lateralen) Fläche unterscheiden kann.

Muskelfaserkategorien.

In den Muskeln auf beiden Seiten des inneren Flossenskelets finden sich *Musculi zono-keratoidei*¹⁾, *pterygo-keratoidei*¹⁾ und *zono-pterygiales*.

Die *Mm. zono-keratoidei* entspringen am Schultergürtel dicht neben dem Gelenk für das Skelet der freien Flosse und bedecken die ganze Oberfläche auf beiden Seiten der Extremität. Sie finden sich sowohl über den beiden *Marginalia* („*Meta- und Propterygium*“ nach der früheren Bezeichnung GEGENBAUR's), wie auch über der *Cartilago centralis* („*Mesopterygium*“). Ihre distalen Enden sind an Sehnen befestigt, vermittelt welcher sie sich an den Knochenstrahlen des äusseren Skelets anheften.

Viel zahlreicher und mächtiger sind die *Mm. pterygo-keratoidei*, welche auch hier unter der vorigen Kategorie liegen, aber sich in innigem Connex mit ihnen befinden (Taf. XXVI, Fig. 1 B und C). Sie entspringen von beiden *Marginalia* und der *Cartilago centralis*, finden sich also auch beiderseits auf der ganzen Flossenoberfläche. Nur ist bei den *Marginalia* der proximale Theil frei von Ursprüngen (Fig. 1 C). Bei der *Cartilago centralis* schliessen sich die Fasern so unmittelbar an die *Mm. zono-keratoidei* an, als ob kein Schultergelenk bestände (Fig. 1 B). Distalwärts erstrecken sich die Ursprünge so weit, wie die Musculatur überhaupt reicht (siehe Taf. XXVI, Fig. 1 A, rot punktirte Linie). Sie reichen also bis auf die Endstücke der *Marginalia* und die knöchernen Endradialen der *Cartilago centralis*. Sie stehen namentlich auf den letzteren sehr dicht und nehmen auch die Zwischenräume zwischen den Skelettheilen ein. In diesen sind sie an straffem Bindegewebe befestigt, welches die Knochenstäbchen mit einander zu einer Platte verbindet.

Die *Mm. zono-pterygiales* finden sich nur an den seitlichen Rändern der Muskelplatten auf beiden Seiten der Flosse. Sie entspringen zusammen mit den *Mm. zono-keratoidei* am Knorpel des Schultergürtels²⁾ und liegen an manchen Stellen unter diesen (Fig. 1 C), an anderen aber an der Oberfläche der Musculatur. An der *Cartilago centralis* fehlen dieselben völlig. Die am *Marginale prae-axiale* inserirenden Muskeln sind auf der äusseren Flossenfläche zu einem ziemlich selbständigen Muskel

1) Siehe Anm. 2 p. 202.

2) In Fig. 1 A ist die verknöcherte Partie des primären Schultergürtels (*Coracoid-Scapula*) nicht eingetragen. In Wirklichkeit war der Knorpel mit einer sehr feinen Knochenschale bedeckt und nur die kleine, distal vom Foramen zonale befindliche Partie incl. des Gelenkes rein knorpelig. Diese dient den meisten Muskeln der Flosse zum Ursprung.

entfaltet, welcher mit breiter Basis am Schultergürtel entspringt und oberflächlich liegt (Fig. 1 D *M. abd.*). Noch mächtiger und selbständiger ist die entsprechende Muskelkategorie auf der inneren Flossenfläche entwickelt, indem dicht gedrängte Bündel von *Mm. zono-ptyrgiales* als ein geschlossener Muskel vom Cleithrum entspringen (Fig. 1 und 2 *M. lev.*; in Fig. 1 ist der Muskelursprung mit einer rot punktierten Linie umgrenzt, der Muskel selbst bei Seite geschoben). Die am *Marginale postaxiale* inserirenden Muskeln sind auf der Aussenseite besonders mächtig entfaltet (Fig. 1 D *M. depr.*) und reichen mit ihren Ursprüngen auf die mediale Flossenfläche, so dass scheinbar dieser Theil des Muskels zur medialen Muskelplatte gehört (Fig. 2 *M. depr.*). Die Innervation zeigt aber, dass dies nicht der Fall ist. Am geringsten ist der Bestand von *Mm. zono-ptyrgiales* an der entsprechenden Stelle der medialen Flossenfläche. Dieselben liegen unter den *Mm. zono-keratoidei* und inseriren nur an der proximalen Hälfte des Knochens (Fig. 1 C).

Allgemeines über Muskelindividuen und die Hauptmuskeln.

Mm. radiales sind zwar bei der *Polypterus*-Flosse vorhanden (Taf. XXVI, Fig. 1 D und E, Fig. 2) und entsprechen, wie bei *Acipenser*, in ihrer Breite den Knochenstrahlen des äusseren Skelets. Aber sie sind noch weniger selbständig als beim Sterlet. Die Grenzen zwischen den einzelnen, welche an der Oberfläche schon nicht regelmässig durchverfolgt werden können, verschwinden im Innern der Muskelplatten und an der Unterfläche.

Dagegen sind an der *Polypterus*-Flosse andere Muskelindividuen entwickelt, welche zwar nicht alle ganz selbständig sind, aber doch eine so hohe Sonderung besitzen wie bei keinem der bisher beschriebenen Fische. Ihre Beschreibung nahm in Folge dessen das Hauptinteresse der früheren Autoren in Anspruch, und die von mir oben angeführten Muskelkategorien erscheinen in ihrer Schilderung bald als Theile dieser Muskelindividuen, bald sind sie mit solchen identisch, je nachdem ein Muskel sich aus Fasern bloss einer Kategorie oder aus solchen mehrerer entwickelt hat. Ich hoffe dadurch, dass ich diese Muskelindividuen in ihrer genetischen Beziehung zu den Hauptmuskeln und deren oben geschilderten Muskelkategorien darstelle, das Wesentliche besser hervorheben zu können.

Sowohl auf der Aussen- wie Innenseite der Flosse liegt ein Hauptmuskel, *M. pterygialis communis*, vergleichbar demjenigen der *Acipenseriden*. Seine Ursprungslinie am Schultergürtel ist aber kurz im Verhältniss zur distalen Ausbreitung an der Flosse (siehe besonders den medialen Muskel, Fig. 2, zu dessen eigentlicher Ursprungslinie die kurze Strecke vom Eintritt des Plexus *omopt. ant.* [b, 3] bis zu demjenigen des Plexus *post.* [5, 6, 7] dient). Dafür findet sich bei beiden Hauptmuskeln eine Zwischensehne, welche am Schultergürtel entspringt und durch den grössten Theil der Hauptmuskeln distalwärts verläuft (Fig. 1 E und 2). An ihr entspringen beiderseits Muskelfasern, welche grösstentheils zu den *Mm. zono-keratoidei* gehören, aber am Schultergürtel selbst nicht genügend Platz zur Anheftung finden. Ausserdem finden aber auch tiefe, zu den *Mm. pterygo-keratoidei* der *Cartilago centralis* zu rechnende Muskelfasern an ihnen Befestigung für ihre Ursprünge. Denn die *Cartilago centralis* ist, wie schon GEGENBAUR angab (1865), nicht mehr in directem Zusammenhang mit dem Schultergürtel. Bei meinem Exemplar reicht sie oberflächlich kaum bis an die proximalen Epiphysen der *Marginalia* (Fig. 1), in der Tiefe jedoch über deren Grenzen hinaus, ohne allerdings den Schultergürtel ganz zu erreichen. Die *Inscriptio tendinea* bildet hier die Brücke zwischen den Knorpeln und bietet den *Mm. pterygo-keratoidei* Ursprung, welche durch die Reduction des Knorpels (GEGENBAUR, 1865, KLAATSCH, 1896) an dieser Stelle andere Befestigungspunkte suchen mussten. Die Hauptmuskeln sind also doppelt gefiederte Muskeln.

KLAATSCH (1896, p. 299 und 301) hat den Zwischensehnen eine ganz besondere Bedeutung beigemessen und sie als beherrschendes Merkmal der Muskelanordnung betrachtet. Aber selbst nach seiner Darstellung

ist das bei dem medialen Muskel nicht der Fall. Seine Beschreibung ist völlig richtig und stimmt mit meiner Darstellung überein, da auch er die Inscriptio als Längsstrang schildert, welcher lediglich den Ursprüngen der Muskelfasern zum Ansatz dient. Derartige Sehnen sind so verbreitete und unwesentliche Erscheinungen in der Vertebratenmyologie (auch bei den Extremitäten der niederen Fische, z. B. bei Selachiern, p. 177), dass ihnen gewiss keine besondere Bedeutung zukommt. Anders sollen jedoch die anatomischen Verhältnisse nach KLAATSCH bei der Inscriptio des lateralen Hauptmuskels liegen. Diese sondert nach ihm die Musculatur in einen proximalen und distalen Theil, indem sie, freilich mit mannigfachen Variationen bei den verschiedenen Individuen (l. c. p. 299), in „querer Richtung“ über die Flosse verläuft und einem Theil der proximalen Musculatur zur Insertion dient (*M. zono-septalis*, KLAATSCH). Die distalen Muskeln nehmen, wie alle Muskeln der medialen Fläche, an der Zwischensehne ihren Ursprung.

Ich finde jedoch keine so starke Abweichung der Muskelanordnung des lateralen Hauptmuskels von derjenigen des medialen. Sieht man zunächst von der oberflächlichen proximalen Musculatur (Fig. 1 D *M. abd.*) ab und betrachtet nach Wegnahme dieser Schicht den Hauptmuskel (Fig. 1 E), so ist die Zwischensehne ganz ähnlich wie beim medialen Muskel ein Längsband, welches am Schultergürtel entspringt und hauptsächlich den *Mm. zono-keratoidei*, in der Tiefe aber auch den *Mm. pterygo-keratoidei* Ursprung gewährt. Eine Sonderung des Hauptmuskels in einen proximalen und distalen Theil ist in dieser Schicht nicht vorhanden. Das kommt in der Beschreibung von KLAATSCH nicht zum Ausdruck.

Die oberflächliche proximale Schicht (Fig. 1 D *M. abd.*) ist nun ein verhältnissmäßig selbständiges Muskelindividuum; denn sie ist in ihrer ventralen Partie völlig isolirt von der tiefen Schicht. Weiter dorsalwärts, gegen den Rand des Marginale praeaxiale hin, besteht aber ein Zusammenhang mit der tiefen Schicht, welcher am Rande selbst bis zur völligen Verschmelzung führt. Ich will vorweg bemerken, dass an dieser Stelle sich von den Nerven der tiefen Schicht der selbständige Nervenast des oberflächlichen Muskels ablöst und quer zur Längsaxe der Flosse durch die Muskelsubstanz des letzteren bis in seinen selbständigen Theil verfolgt werden kann (Fig. 1 D, punktirt angegeben). Ich betrachte deshalb diesen Muskel als eine Differenzirung der dorsalen Partie der tiefen Schicht; derselbe hat sich von seinem Entstehungsort aus über die tiefe Musculatur mit seinen Fasern ventralwärts vorgeschoben und auf diese Weise den ventralen Rand der Flosse mit seinem Ursprung erreicht. Nach seiner hauptsächlichsten Function nenne ich ihn *Musc. protractor*¹⁾ und werde noch näher weiter unten auf ihn eingehen.

KLAATSCH unterscheidet an diesem Muskel, der für seine theoretischen Speculationen besondere Wichtigkeit hat und deshalb unser ganzes Interesse beansprucht, einen Theil, den er nach Ursprung und Insertion *M. coraco-septalis* bezeichnet, und einen, welchen er nach denselben Merkmalen *M. zono-propterygialis lateralis* benennt (l. c. p. 299).

Der von KLAATSCH für den Muskel vorgeschlagene Gesamtname (*M. zono-septalis*) bezieht sich also nur auf die Eigenschaften eines Theiles der Muskelmasse. Denn der *M. zono-propterygialis lateralis* inserirt nicht am Septum, sondern am Marginale praeaxiale („Propterygium“). Es bleibt für die besondere Bedeutung des *M. protractor* nur das Merkmal nach KLAATSCH's eigener Darstellung übrig, dass die ventralen Fasern desselben am Coracoid entspringen und an der Zwischensehne inseriren (*M. coraco-septalis*, KLAATSCH). Die Genese des Muskels entkleidet jedoch dieses Merkmal jeder besonderen Bedeutung. Denn

1) In den Figuren der Taf. XXVI ist der *Musc. protractor* mit *M. abd.*, der *Musc. retractor* (s. p. 212) mit *M. add.* bezeichnet. Ich änderte die Bezeichnung der Muskeln, als die Tafel bereits gedruckt war, und bitte diese leicht zu Verwechslungen Anlass gebenden Hinweise zu corrigiren. — Die Namen *M. pro-* und *retractor* finden sich bereits bei POLLARD, aber als Synonyme für *M. extensor* und *flexor*, d. h. für die Hauptmuskeln in toto. Ich lasse diesen nur die letztere Bezeichnung (p. 153 Anm.) und reservire jene (*Pro-* und *Retractor*) für die aus ihnen hervorgehenden Muskelindividuen.

da die Fasern desselben dorsal vom Septum mit denjenigen der tiefen Schicht noch verschmolzen sind, so ist es verständlich, dass die Inscriptio des Hauptmuskels sich noch eine Strecke weit in den von ihm entstandenen Protractor fortsetzt und dadurch bei diesem eine partielle Quergliederung hervorruft. Derartige Verlagerungen der Zwischensehnen zum Verlauf der Muskelfasern bei Verschiebungen der einen oder anderen sind etwas sehr Gewöhnliches in der Myologie. Ich erinnere beispielsweise an die Fälle, welche SEYDEL (1891) für die Bauchmusculatur der Säuger zusammengestellt hat. Hier findet hauptsächlich der umgekehrte Process statt, indem die Muskelfasern durch Aenderung ihres Verlaufes in die Richtung der Inscriptionen gerathen und dadurch ihrer Quergliederung verlustig gehen.

Es scheint mir deshalb auch in Fällen, in welchen die Inscriptio des *M. protractor* oberflächlich sich weiter ausdehnt und schräg oder gar quer¹⁾ verläuft, wie KLAATSCH dies beschreibt und abbildet (Taf. XI, Fig. 5), nur eine Anpassung an den (gegenüber der tiefen Schicht) veränderten Faserverlauf des *M. protractor* vorzuliegen, welcher in diesen Fällen nicht nur den dorsalen Flossenrand, sondern auch die Flossenmitte durch Vermittelung des Septums als Angriffspunkt bei seiner Function benutzt. Das thut aber der Längsrichtung des tiefen Theiles der Inscriptio zum Skelet keinen Abbruch.

Prüfen wir jetzt zunächst, welche Beziehungen der mediale Hauptmuskel mit den Hauptmuskeln der Sterletflosse gemein hat, und welche Muskelindividuen aus ihm neu entstanden sind.

Der dorso-mediale Hauptmuskel und seine Muskelindividuen.

Der mediale Hauptmuskel entspringt am Schultergürtelknorpel, und zwar medial von dem Schultergelenk, und strahlt von hier aus divergirend auf die Flossenfläche aus.

Es ist jedoch nicht die ganze mediale Fläche von diesem Hauptmuskel eingenommen. Vielmehr ist ventral ein Stück der lateralen Musculatur zu sehen (Taf. XXVI, Fig. 2 *M. depr.*), dessen Zugehörigkeit zu dieser durch die Innervation bewiesen wird. Die Grenze zwischen beiden Muskeln ist an einer Furche kenntlich, in welcher ein Nervenast vom Plexus omopter. post. distalwärts verläuft. Die Lage des medialen Hauptmuskels ist demnach keine rein mediale in Bezug auf die laterale Musculatur. Letztere reicht vielmehr etwas weiter ventralwärts. Man kann deshalb wohl von einer ventro-lateralen und dorso-medialen Musculatur der Brustflosse sprechen, zumal die letztere von den beiden noch eine dorsale Fortsetzung besitzt, welche diese Bezeichnung rechtfertigt.

Zunächst fällt an dem dorso-medialen Hauptmuskel ein abgegrenztes Muskelbündel auf, welches dessen ventralen Theil einnimmt und zwar von der Zwischensehne bis zum Rande des Muskels reicht. Ich nenne diesen schmalen, parallelfaserigen Muskelbauch *M. retractor* (s. p. 211 Anm. 1). Derselbe besteht wie der übrige Hauptmuskel aus *Mm. zono-* und *pterygo-keratoidei*, enthält aber ausserdem alle *Mm. zono-pterygiales*, welche am Marginale postaxiale inseriren. Diese Kategorie fehlt den auf dem Flossenknorpel liegenden Radialmuskeln. Es ist wohl dieser Bestandtheil, welcher den *M. retract.* selbständiger als die letzteren gemacht und in seiner Lage und Form an das Marginale gebunden hat.

Der *Musc. retractor* ist das am wenigsten selbständige Muskelindividuum der Brustflosse. Er hat seiner Lage und Befestigung nach die Wirkung, die Extremität dem Rumpfe zu nähern, und wirkt dadurch als Antagonist des Protractor (p. 211). Da er aber wesentlich das Marginale postaxiale auf den Bauch zu bewegt, so kann er auch die Wirkung des Protractor auf das Marginale praeaxiale unterstützen. Durch diesen Synergismus wird eine Rotation im Schultergelenk (Pronationsbewegung der Flosse) zu Stande kommen.

1) Bei meinem Exemplar war der Verlauf nach Entfernung aller Fascien ein deutlich längsgerichteter (Fig. 1 D).

Eine selbständigere Abspaltung des medialen Hauptmuskels ist der von POLLARD (1892, p. 414) bereits als isolirter, aber ursprünglich zu ihm gehörender Muskel aufgeführte *Musc. levator*¹⁾. Er entspringt am Scapulartheil des primären Schultergürtels und reicht ziemlich weit am Cleithrum in die Höhe (Taf. XXVI, Fig. 1 und 2). Er besteht nur aus zono-ptyerygialen Fasern, ist also eine selbständige Differenzirung nur einer Faserkategorie am dorsalen Flossenrand. Die Insertion des Muskels ist sehnig und in Form einer breiten Aponeurose längs des ganzen Randes des Propterygium befestigt (Fig. 1). Bedeckt wird dieselbe oberflächlich vom medialen Hauptmuskel, dessen Contour in Fig. 1 durch die roth punktirte Linie angegeben ist. Am distalen Theile der Aponeurose findet sich das von WIEDERSHEIM entdeckte Knorpelstückchen, welches dem äusseren Rande des Marginale praeaxiale anliegt. Man kann sagen, dass die Aponeurose des *M. levator* an diesem Knorpel inserirt. Da KLAATSCH auch Fasern der dorsalen Musculatur an diesen Knorpel sich begeben sah (was ihn veranlasst, ihn geradezu zu seinem *Musc. zono-propterygialis* zu rechnen), so ist das Verhältniss dieses Knorpelstückchens zur Musculatur wohl dasselbe wie dasjenige des inneren Skelets überhaupt, d. h. auf beiden Seiten liegen Sehnen, die Muskeln vertreten. Ich halte deshalb mit GEGENBAUR (1899, p. 516) diesen Knorpel für das Analogon eines Radius, welcher nur aus der Reihe gekommen ist.

Der *M. levator* hat offenbar die in seinem Namen ausgedrückte Function (dorsale Abduction, p. 153 Anm.). Er setzt aber nicht nur den Ursprung des medialen Hauptmuskels weiter dorsalwärts fort und erhöht dadurch den topographischen Gegensatz zur lateralen Musculatur, bei welcher eine ventrale Ausdehnung statthat, sondern er verleiht dadurch auch dem Contour des Muskels eine abgeknickte Form. Verfolgt man denselben vom Ursprung des Levator gegen die Insertion des Hauptmuskels zu (Fig. 2), so sieht man ihn zunächst zum Propterygium hin und dann von diesem weg zum Hautskelet verlaufen. Es wäre möglich, hier eine proximale Partie der medialen Musculatur gegen eine distale zu scheiden; es ist das an sich unwichtig, hat aber insofern Interesse, als KLAATSCH eine solche Unterscheidung nur für den lateralen Muskel angiebt, für den medialen jedoch die Möglichkeit einer derartigen Eintheilung leugnet.

Der ventro-laterale Hauptmuskel und seine Muskelindividuen.

Bei der lateralen Musculatur ist der Hauptmuskel (*M. pteryg. comm.*) in der Tiefe und distalwärts in toto deutlich erhalten (Fig. 1 E und D). Er besitzt, wie auch der ventrale Hauptmuskel, Fasern dreier Kategorien in der für den Hauptmuskel anderer Ganoiden charakteristischen Vertheilung und Anheftung am Skelet. Auch die Function der Fasern ist für die freie Flosse dieselbe wie bei diesen. Ich komme darauf bei der Zusammenfassung der Ergebnisse zurück.

Von separaten Muskeln hat sich besonders deutlich ein, von POLLARD bereits als solcher beschriebener *Musc. depressor* am ventralen Rande abgespalten. Es ist dieses, wie auch POLLARD und KLAATSCH (*M. coraco-metapterygialis*) finden, das ausgeprägteste Muskelindividuum, welches sich aus den Hauptmuskeln differenzirt hat. Der Muskel abducirt die Extremität ventralwärts.

Die Lage des Ursprunges desselben ist eine rein ventrale (Fig. 1, roth gestrichelte Linie). Er entspringt am Coracoid des primären Schultergürtels und inserirt am Marginale postaxiale längs dessen äusserer Kante, ausserdem aber auf dessen lateraler Fläche (Fig. 1 E und Fig. 2). Er besteht lediglich, wie auch schon oben erwähnt, aus *Mm. zono-ptyerygiales*. Diese gehören der Lage ihrer Insertionsstelle zufolge und vor allem der Innervation nach zur lateralen Musculatur. Der Muskelbauch ist aber auch auf der medialen Flossenfläche sichtbar (Fig. 2). Es ist dies für die Auffassung der Musculatur der *Polypterus*-Flosse von besonderer Wichtigkeit. KLAATSCH hat die Grenze in seiner Fig. 6,

¹⁾ KLAATSCH (1896, p. 302) nennt ihn *M. zono-propterygialis medialis* und rechnet ihn, wie POLLARD seinen Levator, auch zum medialen Hauptmuskel.

Taf. II, richtig in ziemlicher Entfernung vom ventralen Flossenrand abgebildet, sagt aber im Text, dass die Furchen, welche die äussere von der inneren Flossenmusculatur trennen, „genau der freien Kante entsprechen“ (p. 298). Es widerspricht dies sowohl seiner eigenen Abbildung, als auch meinen Befunden.

Weniger ausgeprägt in seiner Individualität ist der *Musc. protractor* (Fig. 1 D *abd*). Ich wies bereits darauf hin, dass aus dem Zusammenhang mit dem Hauptmuskel und besonders aus der Innervation auf die Entstehung desselben im dorsalen Theile der Flosse geschlossen und die ventrale Ausdehnung des Ursprunges als etwas Secundäres aufgefasst werden muss (p. 211). Seine Fasern erzeugen der Mehrzahl nach eine Entfernung der Flosse von der Bauchwand; die ventralen Fasern werden ausserdem, namentlich im Verein mit der Wirkung des *Retractor*, eine Drehung der Flosse im Sinne der Pronation bewirken und die dorsalen Fasern die Thätigkeit des medialen *Levator* ein wenig unterstützen können. Ich schliesse mich dabei KLAATSCH an, der diese dreifache Wirkung des Muskels bereits betont hat (p. 300)¹.

β) Neurologie.

Die Innervation der *Polypterus*-Flosse ist weniger als die Musculatur studirt und jedenfalls weniger genau als diese beschrieben worden. POLLARD (1892), FÜRBRINGER (1897) und WIEDERSHEIM (1898) geben an, dass Aeste von 5 Spinalnerven in dieselbe eintreten; VAN WIJHE (1882) und KLAATSCH (1896) finden jeder bei seinem Exemplar nur vier. Der letzte Nerv der anderen Autoren (insbesondere der von POLLARD beschriebene) ist nach KLAATSCH, wie er mit Sicherheit gefunden zu haben glaubt, nicht vorhanden. Auch leugnet er wirkliche Plexusbildungen zwischen den Flossennerven und will diesen Namen bei unserem Object ganz vermieden wissen (p. 306).

Verhalten der Nerven vor Eintritt in die freie Flosse.

Ich finde bei meinem Exemplar, dass bei beiden Brustflossen die serialen Nerven b (2), 3, 4, 5, 6 und 7 deutliche Aeste an die Flossenmusculatur abgeben, dass also im Ganzen sechs Extremitätennerven existiren. Nach den Beschreibungen der anderen Autoren sind die 4 resp. 5 vordersten mit den bisher bekannten identisch; der sechste Nerv folgt serial auf den fünften von POLLARD, FÜRBRINGER und WIEDERSHEIM gefundenen. Hinter dem letzten Nerven, welchen KLAATSCH sah, können also in der That noch zwei Flossenäste liegen.

Ich will an dieser Stelle nur kurz darauf hinweisen, dass die Speculationen, welche namentlich MOLLIER an die Fünffzahl der Extremitätennerven bei *Polypterus* bezüglich dessen Verwandtschaft zu den Pentadactyliern geknüpft hat (1897, p. 29), damit hinfällig werden.

Die seriale Stellung der Extremitätennerven von *Polypterus* hält die Mitte zwischen derjenigen von *Acipenser ruthenus* und *Ac. stellatus* (p. 206). Mit letzterem stimmt der erste Nerv, mit ersterem der letzte Nerv überein. Die Zahl der Nerven ist um eins geringer als bei den Acipenseriden. Es ist deshalb zu vermuthen, dass, wie dort, eine Wanderung nach vorn (cranialwärts) eingeleitet, aber am vorderen Rande noch nicht so weit wie beim Sterlet fortgeschritten ist.

Für die craniale Verschiebung legt ferner der *Plexus omoptyrgialis posterior* Zeugniß ab. Seine 3 Aestchen nehmen in cranio-caudaler Richtung an Stärke ab. Das letzte (von 7) ist das dünnste (Fig. 2)².

1) Der *M. mesopterygio-actinalis superficialis* von KLAATSCH ist ein Theil meines medialen Hauptmuskels, den ich nicht besonders bezeichne.

2) Die ganze Art und Anordnung dieses Plexus legt die Vermuthung nahe, dass KLAATSCH in Folge ungenauer Rückverfolgung der Componenten desselben bis zur Wirbelsäule einem Irrthum anheimgefallen ist, den ganzen Plexus für einen Nerven gehalten und deshalb das Geflecht als solches nicht erkannt hat.

Der Plexus omopteryg. anterior setzt sich aus den beiden Aesten von b (2) und 3 zusammen. Er hat eine sehr ungewöhnliche Lage. Während nämlich der Flossenast des 4. Spinalnerven theilweise diazonal verläuft, liegen alle anderen Flossennerven metazonal, und zwar diejenigen vom 5.—7. Spinalnerven (*Plexus o. pt. post.*) ventral (postaxial) vom inneren Flossenskelet, diejenigen vom 2. (b) und 3. (*Plexus o. pt. ant.*) dorsal (präaxial) von demselben (Fig. 1 und 2). Auf diazonale Nerven oder auf Gruppen von solchen pflegen bei allen anderen Fischen, von denen Untersuchungen bekannt sind, nach der einen Seite (cranialwärts) prozonale, nach der anderen (caudalwärts) metazonale Nerven zu folgen, falls diese Gruppen überhaupt existiren. Dass aber diazonale Nerven zwischen zwei Gruppen von metazonalen Nerven eingeschlossen sind, ist mir nur bei *Polypterus* bekannt. Die Flossenäste von Nerv b (2) und 3, welche man, da sie sich nicht im Schultergürtel finden, in prozonaler Lage erwarten sollte, wie dies bei der Brustflosse zwar nie, wohl aber bei der Beckenflosse mancher Fische (Selachier, Ganoiden) häufig vorkommt, liegen unverkennbar caudal von dem primären Schultergürtel und dessen knöcherner Bedeckung (Cleithrum). Diese Thatsache ist nur so zu verstehen, dass diese Gruppe von Nerven ursprünglich diazonale Lage besass, aber durch Einschmelzungsprocesse im Knorpel, welcher bekanntlich sehr reducirt und durch die Entfaltung von Deckknochen in den Hintergrund gedrängt ist, secundär wieder frei wurde. Es wird uns dies bei dem Vergleich der Brustflosse der Polypterinen mit derjenigen der Selachier und Dipnoer noch beschäftigen.

Alle Gliedmaassennerven der Brustflosse spalten sich bei *Polypterus*, ehe sie in die Musculatur eintreten, in Aeste, von denen einer oder mehrere zu der Musculatur der lateralen und ebenso einer oder mehrere andere zur Musculatur der medialen Flossenfläche verlaufen. In Fig. 1 habe ich diese Theilungen, welche namentlich bei den feineren Flossennerven leicht übersehen werden können, nach Auflösung der Nervengeflechte dargestellt und die zur lateralen Flossenfläche verlaufenden durch Schraffirung gegen die weiss gelassenen Nerven der medialen Musculatur hervorgehoben. In dieser Beziehung stimmt der Befund bei *Polypterus* mit der bei allen niederen Wirbelthieren nachweisbaren Eintheilung der Flossenäste eines jeden Spinalnerven¹⁾ in zwei Theiläste oder zwei Gruppen von solchen überein, von denen sich je einer oder eine zu einer der beiden am Skelet antagonistisch vertheilten Muskelmassen biegt. POLLARD und KLAATSCH²⁾ haben bei einzelnen Nerven (z. B. beim ersten, POLLARD auch bei seinem letzten Flossennerven) nur Aeste für einen der beiden Hauptmuskeln oder für dessen Abkömmlinge gefunden. Dies entspricht nicht den thatsächlichen Verhältnissen, wie ich sie fand³⁾.

Verhalten der Nerven innerhalb der freien Flosse.

Ich wende mich jetzt zum Plexus pterygialis distalis und beschreibe ihn speciell für die mediale Flossenfläche (Fig. 1). Derselbe ist von KLAATSCH fast ganz übersehen worden (vergl. seine Fig. 12 und 13, Taf. III, mit meinen Figuren).

Die Lage der serialen Nerven zum Skelet ist so beschaffen, dass die vorderen Nerven (2 und 3) die Musculatur am kürzeren Randstrahl („Propterygium“), die hinteren Nerven (5, 6, 7) diejenige am längeren Randstrahl („Metapterygium“) versorgen. Der erstere ist deshalb als Marginale praeaxiale,

1) Dieses Gesetz erleidet nur hin und wieder beim letzten oder ersten Nerven durch Reductionen eine Ausnahme, namentlich in solchen Fällen, in welchen, wie bei Rochen, die vordere und hintere Extremität an einander stossen und gleichsam in Wettbewerb um das metamere Material gerathen (BRAUS, 1898, Taf. XVII).

2) Dieser Autor sagt allerdings an einer anderen Stelle, dass jeder Nerv einen Streck- und Beugeast habe (p. 311).

3) Es will mir scheinen, als ob die Differenz zwischen den Angaben der beiden Autoren und den meinigen mehr auf einem Uebersehen der feinen Aestchen als auf thatsächlichen Variationen beruhe.

der letztere als *M. postaxiale* im Sinne der HUXLEY'schen Nomenklatur zu bezeichnen. Denkt man sich die Flosse in Horizontalstellung, statt in der verticalen Position, welche sie mit ihrer Fläche in der That einnimmt, so wird nur dann eine, anderen horizontal gestellten Flossen (z. B. bei *Acipenser*) entsprechende Lagerung der Muskelmassen zu erzielen sein, wenn die mediale Flossenfläche dorsalwärts und die laterale ventralwärts gedreht ist. Dies stimmt mit der Ansicht von GEGENBAUR (1865), POLLARD (1892), EMERY (1897) u. A. überein. Es entspricht dies auch den geringen Lageabweichungen der beiden Muskelmassen von der rein medio-lateralen Position; denn ich konnte bei ihnen einen mehr ventro-lateralen von einem mehr dorso-medialen Hauptmuskel (incl. deren selbständigeren Theilen) unterscheiden. Ich bezeichne deshalb von jetzt ab die Aeste der Flossennerven bei *Polypterus* als *Rr. dorsales* und *Rr. ventrales*, unbeschadet ihrer in Wirklichkeit medialen und lateralen Lage. Es geschieht dies mit Rücksicht auf den Vergleich mit den homologen Nerven bei horizontal gestellten Flossen.

Die dorsalen Aeste der präaxialen metazonalen Flossennerven versorgen, ehe sie den Rand des Marginale erreichen, mit einigen Aestchen den *M. levator*. Diese Aeste sind lediglich solche vom 2. Spinalnerven (b). Derselbe theilt sich so früh in je einen dorsalen und ventralen Ast (Fig. 1), dass an der ventralen Natur der betreffenden Zweige kein Zweifel sein kann. Der Rest des an sich nicht kräftigen *R. v. b.*, ein feines Nervenfädchen, verbindet sich mit dem *R. v. 3.* Einige Fasern gehen in dessen Endgebiet über, die Mehrzahl jedoch versorgt die präaxiale Partie des medialen Hauptmuskels. Es sind diese Aeste in Fig. 1 in der Zone zu sehen, welche vom Marginale praeaxiale und der rothen gestrichelten Contourlinie des medialen Hauptmuskels begrenzt wird. Die nahe Verwandtschaft der Fasern des Levator mit dieser Musculatur wird durch die Versorgung beider durch Aeste desselben Nerven (b) sichergestellt.

Die präaxialen Nerven und der dorsale Ast des Nerven 4, welcher seinen ventralen Ast durch ein Loch des Schultergürtels sendet, selbst aber metazonal und zum Flossenskelet axial verläuft, senden einige Aestchen auf die Oberfläche des medialen Hauptmuskels (Fig. 2). Diese bestehen zum Theil aus Hautästchen; zum Theil dringen sie aber in die Musculatur oder in die Zwischensehne ein und verbinden sich in den tieferen Schichten mit den Aesten der Nerven, welche zwischen der Musculatur und dem inneren Flossenskelet liegen.

Letztere werden sichtbar nach Abnahme der Musculatur. In Fig. 1 sind die Nerven, welche dabei auf dem inneren Skelet intact liegen bleiben, mit ausgezogenen Contouren versehen, diejenigen, welche in der Musculatur selbst liegen und bei Abnahme derselben mitentfernt werden müssen, mit gestrichelten Linien gezeichnet. Man findet solche zwischen Skelet und Musculatur und in der Musculatur liegende Nervenfädchen in den Fig. 1 B und C in Seitenansichten zweier *Mm. radiales* dargestellt.

Die präaxialen, axialen und postaxialen Nervenäste bilden einen dichten Plexus auf dem inneren Skelet. Die Maschen desselben sind in die Länge gezogen und mit ihrer Axe baso-terminalwärts gerichtet. Man unterscheidet eine Anzahl kräftiger Längsmaschen, welche dem ventralen Theile der *Cartilago centralis* aufliegen. Dieselben folgen der Richtung einer Linie, welche man durch eine Anzahl von Löchern in dem Knorpel legen kann (Fig. 1). Es sind das die von WIEDERSHEIM (1898, Fig. 124) für Nervenlöcher, von POLLARD (l. c. p. 416) für Nerven- oder Gefäßlöcher und von KLAATSCH (l. c. p. 279) mit Wahrscheinlichkeit für Gefäßlöcher erklärten Foramina der *Cartilago centralis*. Bei meinem Exemplar sind vier¹⁾ vorhanden, welche in ziemlich gleich grosser Entfernung von einander liegen. Nerven passiren dieselben nicht.

1) EMERY (1894—95, p. 22) spricht noch von einem Foramen, POLLARD (1892, p. 416) jedoch schon von verschiedenen Löchern; KLAATSCH (1896) bildet drei (bei *Polypterus*, p. 277, und vier bei *Calomoichthys*, Taf. I), WIEDERSHEIM (1898, Fig. 124) fünf Foramina ab.

Jedoch konnten mit Sicherheit Gefäße in ihnen erkannt werden. Ich stimme somit in diesem Punkte mit KLAATSCH überein. Die Wände derselben sind pigmentirt und daran bei genügender Vergrößerung von Nerven leicht zu unterscheiden. Auch gelang es, in die Lumina feine Borsten auf weitere Strecken einzuführen.

Das Geflecht, welches zwischen Musculatur und Knorpel liegt, entsendet distalwärts seine Endäste zwischen die Radialmuskeln hinein (Fig. 1 B und C). Dieselben liegen speciell zwischen den Mm. pterygo-keratoidei. Allenthalben verlassen feine motorische Endästchen die Nerven in ihrem ganzen Verlauf. Verfolgt man die seriale Herkunft der Nervenästchen eines Musc. radialis, so erweist sich derselbe als polyneures Gebilde. In Fig. 1 C z. B. wird der proximale Theil des abgebildeten Muskels von einem Ast des 5. und 6. Spinalnerven, der distale Theil von solchen des 6. und 7. Spinalnerven versorgt. Es ist wichtig, dass auch bei *Polypterus*, wie dies Beispiel zeigt und wie sich überall an der Flosse nachweisen lässt, die haploneuren Zonen schräg zum Verlauf der Mm. radiales orientirt sind, und zwar vom proximo-medialen zum disto-lateralen Rande verlaufen.

Die feinen motorischen Aestchen verbinden sich innerhalb der Musculatur in der mannigfaltigsten Weise. Manche Aeste dringen bis an die Oberfläche vor und versorgen die Haut. Sensibel sind auch die Endäste der zwischen Skelet und Musculatur liegenden Nervengeflechte, die zwar distalwärts in die tief liegenden Muskelfasern, namentlich solche, welche zwischen den knöchernen Endradialen entspringen, hineingerathen, aber dann über den distalen Muskelcontour hinaus zu dem äusseren Skelet und zur Haut verlaufen.

Die Nervenvertheilung an der lateralen Flossenfläche ist eine ganz ähnliche wie die auf der medialen; es verlohnt sich nicht, auf dieselbe näher einzugehen.

3. Amiaden.

a) Myologie.

Die Musculatur der vertical stehenden Brustflosse von *Amia calva* L. zerfällt in zwei Muskelgruppen, von welchen eine auf der medialen Flossenfläche und eine auf der lateralen liegt. Ich lege die erstere, welche dem bei den anderen Ganoidengruppen genauer beschriebenen Hauptmuskel entspricht, meiner Schilderung zu Grunde.

Die mediale Musculatur entspringt oberflächlich an der medialen Fläche des Schultergürtels, und zwar an dessen primärem, knorpeligem Theile, und ferner an dem dorsalen Stück des Cleithrum, an welchem sich der Ursprung hoch in die Höhe erstreckt (Taf. XXVI, Fig. 4 A und B; in letzterer ist der Contour des Muskels durch eine roth gestrichelte Linie angegeben). Die Ausbreitung der Muskelplatte auf der medialen Flossenfläche reicht bis zum Beginn des äusseren Skelets.

Ich nenne die Platte ihrer Lage nach Musc. dorso-medialis. Die andere Muskelgruppe ist der Antagonist zu dieser und liegt ventro-lateral.

In beiden Muskelgruppen finden sich die für Ganoiden typischen Bestandtheile der Hauptmuskeln. Mm. zono-keratoidei kommen der ganzen Musculatur zu. Sie sondern sich jedoch beim dorso-medialen Hauptmuskel in drei Gruppen, welche sich oberflächlich gut gegen einander abgrenzen lassen, aber in der Tiefe durch Vermittelung der Fasern der übrigen Kategorien mit einander in Zusammenhang stehen. Es sind Muskelindividuen, deren Absonderung vom Hauptmuskel im Gange, aber noch nicht beendet ist.

Die erste Fasergruppe entspringt am Cleithrum, dorsal vom Reste des primären Schultergürtels, als ein kräftiger, dicker Muskelbauch und verläuft divergirend zu den Knochenstrahlen, an welchen die

Fasern längs des terminalen Muskelrandes (Fig. 4 A) mit Ausnahme seiner dorsalen Partie Anheftung finden. An letzterer verbinden sich die Insertionen mit anderen Muskelfasern, welche theils der dritten, weiter unten zu besprechenden Gruppe zono-keratoidaler Muskeln angehören, theils der Kategorie der *Mm. pterygo-keratoidei*.

Die zweite Fasergruppe verhält sich bezüglich ihres Ursprunges umgekehrt wie die vorige. Der Ursprung ist breit, flächenhaft und dünn über den primären Schultergürtel, mit Ausnahme nur des ventralen Randes desselben, ausgedehnt. Er ist an der Stelle, an welcher der Knorpel durchbrochen ist (vergl. GEGENBAUR, 1865) und der Ursprung des ventro-lateralen Hauptmuskels vorliegt, von letzterem durch eine straffe Membrana obturatoria (Fig. 4 B, helle Partie) getrennt, welche beiderseits, ebenso wie der Knorpel, Muskelursprünge aufnimmt. Die Muskelfasern convergiren von dieser breiten Ursprungsfläche aus nach ihrer Insertion zu. Sie verlaufen unter der vorigen Gruppe distalwärts und schliessen sich am terminalen Muskelrande an jene in der Weise an, dass sie sich an die dorsalen Knochenstrahlen anheften. Sie bilden mit ihrer Insertion die Fortsetzung der Fasern der ersten Gruppe, welche weitaus die meisten Knochenstrahlen erreichen, jedoch nicht die am weitesten dorsal liegenden. Diese werden durch die Fasern der convergirenden Gruppe in Bewegung gesetzt.

Die dritte Gruppe entspringt am distalen und ventralen Winkel des primären Schultergürtels und bildet zusammen mit Fasern, welche an einem isolirten Knorpelstückchen neben diesem entspringen (Fig. 4 B x), einen an dieser Stelle ziemlich dicken, runden Muskelbauch, welcher divergirend distalwärts verläuft. Die Fasern treten unter diejenigen der ersten Schicht und verbinden sich mit denselben an der Insertion mittelst feiner Zwischensehnen, mit denen alle an den Knochenstrahlen des äusseren Skelets angeheftet sind. Die Fasern der dritten Schicht gehen dorsalwärts ohne bestimmte Grenze in die *Mm. pterygo-keratoidei* über. Ihr Verhalten zu den Fasern der ersten Schicht der *Mm. zono-keratoidei* ist dasselbe, wie weiter dorsalwärts dasjenige der *Mm. pterygo-keratoidei* zu den oberflächlichen *Mm. zono-keratoidei* (welche hier theils noch zu der ersten Gruppe, theils zu der zweiten Gruppe gehören).

Die Kategorie der *Mm. pterygo-keratoidei* ist schwächer entwickelt als diejenige der *Mm. zono-keratoidei*. Ihre Ursprünge finden sich am Metapterygium, besonders an den knöchernen Seitenstrahlen desselben und an den beiden freien Radien¹⁾. Besonders zahlreich sind sie zwischen allen Radien an dem dieselben verbindenden straffen Bindegewebe befestigt. Sie verlaufen zu den knöchernen Strahlen bzw. zu den feinen Zwischensehnen, welche sich zwischen sie und die oberflächlichen Fasern der *Mm. zono-keratoidei* einschieben und beide Kategorien am Skelet anheften. Sie fehlen am ventralen Flossenrande und werden hier ersetzt durch die dritte Gruppe der *Mm. zono-keratoidei*, in welche sie ohne Grenze übergehen (s. o.).

Die Kategorie der *Mm. zono-ptyerygiales* ist nur an einer Stelle an der Flosse vorhanden. Am ganzen Metapterygium und den freien Radien kommen keine inserirenden Muskelfasern vor. Am Basale propterygii jedoch inserirt innerhalb des in Fig. 4 B mit rother Strichelung umgrenzten Bezirkes eine kräftige Muskelmasse, welche in der von der „Knorpelspange“ GEGENBAUR's (1865, p. 100) zum Theil überbrückten Vertiefung des Schultergürtels entspringt. Der Ursprung ist so kräftig entwickelt, dass er als

1) GEGENBAUR (1865, p. 151) und WIEDERSHEIM (1892, p. 160) fanden einen freien Radius. Bei meinem Exemplar sind deren zwei vorhanden. Doch findet sich an der Basis des neben dem Metapterygium liegenden Radius noch ein kleines isolirtes Knorpelstückchen (Fig. 4 B). Dieses muss als abgesprengtes Stück des Basale metapterygii aufgefasst werden; denn der betreffende Radius (von der ventralen Kante ab gerechnet, der 6. knöchernen Radius) sitzt bei dem Exemplar von GEGENBAUR (1865, Taf. VIII, Fig. 7) noch dem Metapterygium an. Die Loslösung des Radius erfolgt also durch Längstheilung und Reduction des Knorpels am dorsalen Rande der Axenplatte, nicht durch einfache Ueberwanderung des Radius von dieser auf die Scapula.

dicker Bauch die ganze Höhlung im Knorpel ausfüllt. Die Muskelfasern liegen direct auf dem Knorpel und werden bedeckt von den Mm. zono-keratoidei der ersten und zweiten Gruppe.

Die Kategorie der Mm. zono-pterygiales beschränkt sich demnach bei *Amia* auf ein selbständiges Muskelindividuum, welches lediglich auf das Basale propterygii und damit auf den ihm und seinem Seitenradius ansitzenden knöchernen Randstrahl wirkt. Der Muskel ist vergleichbar dem M. adductor oss. marg. der Sterletflosse (p. 204).

Auf der ventro-lateralen Flossenfläche sind die drei Muskelkategorien gleichfalls vorhanden. Doch ist die relative Trennung der Mm. zono-keratoidei in Muskelindividuen nicht so weit fortgeschritten wie bei dem Antagonisten. Die zono-pterygiale Kategorie bildet hier einen M. abductor oss. marg.

Musculi radiales sind als einheitliche Individuen bei *Amia* ebenso wenig wie bei *Polypterus* zu unterscheiden. Die oberflächliche Eintheilung der Muskelfasern in Längsfascikel (Fig. 4 A) entspricht ihrer Anordnung nach ungefähr den knöchernen Strahlen des äusseren Skelets.

β) Neurologie.

Die Nerven der Brustflosse meines Exemplars von *Amia calva* entstammen dem 4. (d) bis 12. Spinalnerven (Fig. 4 A). Es sind also im Ganzen Abkömmlinge von neun serialen Nerven. VAN WIJHE (1882, p. 90) gab nur sechs an. FÜRBRINGER (1897, p. 457) fand gerade so viele wie ich; doch stimmen dieselben, auch wenn ich meine etwas abweichende Bezeichnung der Nerven in Anrechnung bringe (nach welcher ich FÜRBRINGER's $z = a$ setze, siehe Anm. p. 206), nicht mit den bei meinem Exemplar vorkommenden Nerven überein. Denn der erste Nerv kommt bei seinem Exemplar (nach meiner Bezeichnung) von Nerv c, der letzte Nerv von Nerv 11. Dasselbe hat vielleicht ALLIS (1897, Fig. 34) gesehen.

Es ist demzufolge bei meinem Exemplar die Innervationszone der Brustflosse gegenüber dem von FÜRBRINGER untersuchten Thiere um ein Metamer caudalwärts verschoben. Für eine solche Wanderung spricht der Vergleich mit anderen Ganoiden.

Den Ausgangspunkt für die bei Acipenseriden und Polypterinen erschlossene cranialwärts gerichtete Wanderung bildete der Befund bei *Polyodon*, bei welchem die Brustflosse vom 2. (b) bis 8. Spinalnerven Aeste bezieht. Bei FÜRBRINGER's Exemplar von *Amia* ist gegen diese serielle Zone der Anfang der Flosse um ein Metamer, in meinem um zwei Metamere caudalwärts verschoben. Der Plexus omopterygialis anterior ist aber auch in meinem Exemplar nur um einen serialen Bestandtheil (von 4) weiter caudalwärts ausgedehnt als bei *Polyodon* (wo er mit c abschliesst). Andererseits ist ein Plexus omopterygialis posterior nicht in dem Grade wie bei Acipenseriden und Polypterinen (siehe Figuren) entwickelt. Die Flossenäste verbinden sich fast alle, z. B. auch diejenigen vom 7., 8. und 9. Spinalnerven, mit Aesten unter einander. Bei den hintersten Nerven ist dies auch der Fall, aber es ist das nichts ihnen Eigenthümliches, wie es die Art der Plexusbildung bei den hintersten Nerven anderer Paläichthyer ist. Zudem kommt die Verflechtung dieser Nerven bei *Amia* hauptsächlich der Entstehung eines ziemlich starken sensiblen Astes zu gute, während für die motorische Versorgung der Flosse nur Verbindungen zwischen Aesten von Nerv 11 und 12 in Betracht kommen (Fig. 4 A).

Der Plexus cervicalis endlich hat, wie FÜRBRINGER betonte, seine eigene Entwicklungsrichtung. Er ist aber in etwas anderer Beziehung vom Plexus cervicalis von *Polyodon* in seiner serialen Ausdehnung verschieden, als es die Innervationsbezirke der Flossen beider Fische sind. Denn während letztere um 4 resp. 3 Metamere am hinteren und um 2 resp. 1 am vorderen Flossenrand gegen einander verschoben sind,

reicht der Plexus cervicalis bei *Polyodon* (wie FÜRBRINGER fand und ich bestätigen kann) bis b incl., bei FÜRBRINGER'S, ALLIS' und meinem Exemplare von *Amia* bis d incl. oder vielleicht bis e (dieses besitzt in meinem Exemplare überhaupt keinen ventralen Ast für die Bauchwand). Ordne ich diese Befunde entsprechend der von mir früher (1898 A, p. 296) für Knorpelfische gegebenen Tabelle an, so ergibt sich Folgendes:

a, b, c, (d),
6, 7, 8 . . .

Die obere Reihe enthält die serialen Rami ventrales, welche präzonal (Plexus cervicalis), die untere diejenigen, welche metazonal (Bauchmuskeläste) verlaufen. Fett gedruckt ist der erste Brustflossennerv nach FÜRBRINGER'S und meinem Befund (der letztere eingeklammert). Die Brustflosse reicht mit ihrem Innervationsbezirk also noch ziemlich weit in die metamere Region vor dem Schultergürtel hinein.

Alle diese Momente zusammen genommen lassen keinen Zweifel, dass die Beziehungen der Brustflosse bei *Amia* zu den vordersten Spinalnerven und der vor (cranialwärts von) dem Schultergürtel liegenden Region ältere, diejenigen zu den hintersten, sie versorgenden Nerven jüngere, neu erworbene sind. Die Flosse ist in cranio-caudaler Richtung gegenüber anderen Ganoiden verschoben.

Bei Teleostiern kommen noch hochgradigere Verschiebungen nach hinten vor als bei *Amia*. Bei *Esox* z. B. gehört die Brustflosse zu den Rumpfmotameren 5–7 (nach FÜRBRINGER, welcher sie mit 4–6 bezeichnet, 1897, p. 467). Bei anderen Knochenfischen steht die Brustflosse wieder weiter vorn; die embryologischen Untersuchungen, namentlich beim Lachs von HARRISON (1895), haben überzeugend nachgewiesen, dass sie dies einer abermaligen Wanderung in cranialer Richtung verdanken.

Da der systematischen Stellung von *Amia* zu den anderen Ganoiden zu Folge wohl anzunehmen ist, dass die Vorfahren dieses am höchsten specialisirten Schmelzfisches an ihrer Brustflosse zunächst die cranialwärts gerichtete Bewegung aller niederen Ganoiden erfahren haben, so ist die Complication in den Wanderungen der vorderen Extremität, wenn man die späteren Verschiebungen bei Knochenfischen und bei den sie mit den Ganoiden verbindenden Amiaden berücksichtigt, eine sehr beträchtliche. Es ist dies ein weiterer Beitrag zu der bei allen Wirbelthierklassen sich wiederholenden Erscheinung, dass die Lage der Extremitäten zum Rumpf eines der variabelsten Momente in der Gliedmaassen-Morphologie ist.

Löst man die Verbindungen der Extremitätennerven von *Amia* auf, so zeigt sich, dass jeder Flossenast einen Ramus medialis und lateralis resp. dorsalis und ventralis besitzt. Die drei vordersten Flossennerven bilden zum Theil ganz (4), zum Theil mit einzelnen Aesten (5 und 6) einen diazonal verlaufenden Nervenstamm (Plexus). Derselbe tritt in den dorso-medialen Hauptmuskel ein (Fig. 4 A), gelangt, ohne vorher Aeste zur Musculatur abzugeben, in den Kanal des knorpeligen Schultergürtels (Fig. 4 B) und theilt sich erst, nachdem er das „Spangengstück“ passirt hat, in einen dorsalen und ventralen Ast, von welchen jeder von allen drei serialen Elementen (4, 5 und 6) Bestandtheile empfängt. Der dorsale Ast löst sich sofort in eine Reihe feiner Aestchen auf, welche sich namentlich an die Gruppe der Mm. zono-ptyrgiales (M. adductor oss. marg.) verzweigen, im Uebrigen aber mit den folgenden Nerven in Verbindung treten und die ventrale Partie der übrigen Extremitätenmuskeln mit innerviren. Wichtig ist von letzteren besonders ein Ast, welcher im Bogen über das Spangengstück verläuft und sich in der 2. Gruppe der Mm. zono-keratoidei (convergirender Muskel) vertheilt (Fig. 4 B).

Der ventrale Ast des diazonalen Plexus tritt am Boden der Grube im Schultergürtelknorpel in den ventralen, von GEGENBAUR (1865) genau beschriebenen Kanal (Fig. 4 B) und gelangt auf diesem Wege zum ventro-lateralen Muskel.

Vom 5. und 6. Spinalnerven verläuft ausser diesen diazonalen Aesten auch je einer metazonal. Bei diesen und den metazonalen Flossennerven finden sich sehr feine Nervenfädchen, welche vor

dem Eintritt der Nerven in die Musculatur auf der Oberfläche der letzteren ein Netz bilden und motorische Fasern in dieselbe einsenken (Fig. 4 A). Dieser Plexus, welchen ich zum Plexus pterygialis distalis rechne, ist vergleichbar mit dem beim Sterlet (Taf. XXV, Fig. 1) beobachteten. Ich nenne ihn, wie bei diesem, Plexus postaxialis und will erst in der Zusammenfassung diesen Namen zu rechtfertigen suchen.

Die Nerven der dorso-medialen Musculatur treten zum Theil in ziemlicher Entfernung vom medialen Flossenrand in diese ein. Doch senken sie sich bald bis an die Unterfläche des Muskels und liegen hier zwischen dieser und dem inneren Flossenskelet. Nur der letztere Theil ist in Fig. 4 B gezeichnet. Die hintersten Nerven (von 8 theilweise und von 9—12) liegen jedoch schon am medialen Flossenrand zwischen Muskel und Skelet. Am ventro-lateralen Muskel ist das letztere ursprünglichere Verhältniss auch bei den vorderen Nerven erhalten.

Während des Durchtrittes durch die Musculatur geben die Flossennerven des dorso-medialen Muskels zahlreiche Aeste ab, welche sich zu dichten Geflechten vereinigen. Von diesen aus erfolgt die Innervirung der Mukelfasern. Sensible Aeste gelangen wieder an die Oberfläche zurück zur Haut. Die Nervenstämme, welche zwischen Musculatur und innerem Skelet liegen, sind grösstentheils sensibel. Es gehen zwar noch einzelne Aestchen von ihnen an die Musculatur (namentlich an die *Mm. pterygo-keratoidei*); die Endäste jedoch laufen distalwärts über den Muskelcontour hinaus zu den knöchernen Radien des äusseren Skelets und zur Haut.

Eine Auflösung der eng verflochtenen mannigfachen Plexusbildung (Plexus distalis praeaxialis), welche sich in ähnlicher Weise beim ventro-lateralen Muskel findet, versuchte ich nicht. Es ist ohnedies wohl kaum zweifelhaft, dass die Muskeln, welche über den einzelnen Radien des inneren Skelets liegen, polyneur gebaut sind.

4. Zusammenfassung:

Die Ganoidenbrustflosse und ihre Verwandtschaft mit der Vordergliedmaasse der Selachier und Dipnoer.

Die Befunde an den 3 von mir genauer untersuchten Familien der Ganoiden sind so divergenter Natur, dass keine nahen verwandtschaftlichen Beziehungen zwischen ihnen bestehen können. Es lassen sich allerdings zwischen den Acipenseriden und Amiaden Aehnlichkeiten in der Entwicklung ihrer Brustflossen erkennen. Andererseits zeigen sich die Polypterinen in einigen Structurverhältnissen ihrer vorderen Extremität den Amiaden verwandt. Doch sind die Flossen des Bichirs und Knorpelstörs so verschieden, dass die Chondrostei und Holosteii wahrscheinlich seit Alters in der Ausbildung ihrer Extremitäten getrennte Bahnen eingeschlagen haben. Gemäss diesen Verschiedenheiten der Familien von einander sind auch die Beziehungen zu den Selachiern und Dipnoern einerseits und zu den Teleostiern andererseits nicht dieselben.

Ich will versuchen, für jede Familie festzustellen, inwiefern die Brustflosse mit derjenigen der Selachier und Dipnoer Aehnlichkeiten bietet und in welchen Punkten sie von jener abweicht, und ferner versuchen, den Grad der Verwandtschaft mit den anderen Ganoidenextremitäten zu analysiren. Das Resultat wird nicht ohne Interesse für die Frage nach der Bedeutung der Flosse der Schmelzfische für die frühen Stadien der Gliedmaassenphylogenie sein. Denn dieselbe gipfelt darin, ob in den Flossen der Ganoiden einfachere oder höher entwickelte Formen als in denen der Selachier und Dipnoer vorliegen. Wenn zur Beantwortung dieser Frage von den Autoren bisher auch nur die Befunde an der Bauchflosse angeführt und als ent-

scheidend angesehen werden, so versteht es sich, falls man sich nicht dem Vorwurfe der Einseitigkeit aussetzen und in fehlerhafte Schlussfolgerungen verfallen will, doch von selbst, dass auch die Brustflosse als homodynames Organ nicht ausser Acht zu lassen ist.

Gleichzeitig erhalten wir in diesem Capitel ein ausgedehntes Material, welches ich später bei Aufstellung der Frage nach der Herkunft der pentadactylen Extremität mit Nutzen hoffe verwerthen zu können.

a) Die Stellung der Acipenseriden-Brustflosse zu derjenigen der übrigen Paläichthyer.

Bei dem Plexus omoptyergialis distalis der Acipenseriden ist eine ganz ähnliche Vertheilung der metameren Nerven vorhanden wie bei den Selachiern. Wir unterscheiden wie bei diesen einen präaxialen Rand, welcher cranialwärts schaut, und einen postaxialen Rand, welcher caudalwärts gerichtet und zum Theil der Rumpfwand angeheftet ist. Die Stellung der vorderen Extremität bei den Stören stimmt danach im Allgemeinen mit derjenigen der Selachier überein. Es fehlt jedoch äusserlich die bei Squaliden vorhandene Richtung des medialen Flossenrandes nach unten (ventralwärts, Taf. XXII, Fig. 2—4; Textfigur 24b). Der Schultergürtel ist vielmehr so schräg in die Rumpfwand eingebettet, dass eine reine Horizontalstellung der Flosse zu Stande kommt, trotzdem ihre Fläche zur Fläche des Schultergürtels ventralwärts geneigt ist (Taf. XXV, Fig. 1). Die Musculatur ist mit ihren Ursprüngen rein ventral und rein dorsal angeordnet.

Wie am Skelet jede Spur eines medialen Radienbesatzes bei der Brustflosse der Störe fehlt, so ist auch in der Stellung der vorderen Extremität nach diesen Befunden äusserlich nichts erhalten, was an eine partielle verticale Flossenstellung erinnern könnte, welche mit dem Vorhandensein medialer Knorpelstrahlen verknüpft zu sein pflegt.

Es fragt sich, ob dies eine parallele Aus- und weitere Fortbildung der Flosse in der von den Selachiern eingeschlagenen Richtung ist, bei welchen die Horizontalstellung als Characteristicum progressiver Entfaltung gelten muss (p. 198). Die Beantwortung geschieht durch die Thatsache, dass auch bei Acipenseriden noch ein Plexus postaxialis in der freien Brustflosse existirt; also ein Rest desjenigen Flossenabschnittes, dessen completes Vorhandensein die biserialen Skeletform voraussetzt (p. 196).

In Textfigur 18 habe ich in halbschematischer Weise den Plexus omoptyergialis distalis in seiner Lage zum inneren Skelet bei *Acipenser* abgebildet und bitte, damit die Textfigur 15b p. 196 zu vergleichen. Der Plexus praeaxialis und postaxialis ist bei Haien und Stören vorhanden. Der erstere ist beim Selachier weniger eng verfilzt als beim *Acipenser*. Die weiteren Maschen und Netze bilden den primitiveren Zustand gegenüber eng verbundenen, strangartigen Geflechten. Das war beim Vergleich der Brust- und Bauchflosse der Selachier deutlich zu verfolgen. In der That gleicht der Plexus praeaxialis des Sterlets eher dem homodynamen der hinteren Extremität von *Acanthias* (Taf. XXIX, Fig. 1; Textfigur 15d) als dem der Vorderflosse.

Die Musculatur stimmt damit überein. Denn bei *Acipenser* ist eine andere Gliederung derselben eingetreten als bei Squaliden, da die Mm. radiales nicht eine relative Anpassung an die Knorpelradialen der Flosse wie bei letzteren aufweisen, sondern eine Beziehung zu den Knochenstrahlen des äusseren Skelets besitzen. Dieselbe ist zwar lange nicht so ausgesprochen wie die Längsgliederung bei Selachiern. Die Mm. radiales waren dort zum Theil selbständige Muskelindividuen. Das sind sie bei den Stören nicht, da nur an der Ober- und Unterfläche der Hauptmuskeln (Taf. XXV, Fig. 1 und 2) Grenzen zwischen ihnen wahrnehmbar, im Inneren der Musculatur solche jedoch nicht ausgebildet sind. Es ist aus dem Nerven-

befund beim Plexus praeaxialis zu schliessen, dass durch die Anpassung der Muskeln an die Knochenstrahlen, welche bei den Ganoiden beginnt und bei den Knochenfischen zu immer höheren Graden fortschreitet, eine noch stärkere Vermischung der haploneuren Muskelfasern als bei Selachiern stattgefunden hat, wie auch aus anderen Merkmalen der Musculatur sich ergeben wird. Es ist dabei natürlich nicht erforderlich, dass die Proganoiden jemals eine ähnliche Eintheilung ihrer Flossenmusculatur wie die recenten Selachier besessen haben. Die Ontogenie zeigt jedenfalls von einem solchen Zustande nichts. Nach MOLLIER (1897) differenzirt sich dieselbe im embryonalen Zustande nur insofern, als die haploneuren Muskelanlagen zu einem polyneuren Hauptmuskel verschmelzen, welcher gänzlich ungegliedert ist. Die Anfänge einer Längsgliederung (an der Ober- und Unterfläche des ausgebildeten Thieres) und die Beziehungen zu den Knochenstrahlen überhaupt (Mm. zono- und pterygo-keratoidei) sind aber, wie weiter unten näher dargelegt werden soll, wohl im Stande, eine stärkere Vermischung des monometameren Materials zu erklären, da die mechanischen Bedingungen der Muskelaction in diesem Zustande mit denjenigen bei Selachiern sehr contrastiren.

Der Plexus postaxialis der dorsalen Flossenhälfte breitet sich bei *Acipenser* wie bei der Squalidenbrustflosse an der medialen Oberfläche der Musculatur aus (vergl. Taf. XXV, Fig. 1, mit Taf. XXII, Fig. 2—4, und Textfigur 12a, p. 182). Dagegen sind die Bestandtheile des postaxialen Plexus beim Sterlet ausserordentlich fein und zart, und das ganze Gebilde in Folge dessen quantitativ viel geringer entwickelt als bei Squaliden. Es besteht eine Rückbildung gegenüber diesen. Das kann nicht zweifelhaft sein, da dieser Plexus bei *Acipenseriden* der einzige Rest der ganzen postaxialen Flossenpartie ist, welche bei Dipnoern so mächtig entfaltet, bei Squaliden ausser am Nervensystem noch in der Anordnung der haploneuren Muskelzonen und namentlich am Skelet (mediale Knorpelradien) zu erkennen ist.

Die Muskelfasern, welche von den Endästen des Plexus postaxialis versorgt werden, sind eng mit den von Endästen des Plexus praeaxialis innervirten Muskeln verbunden, wie denn auch die Nervenästchen selbst distal allenthalben anastomosiren. Die Muskelfasern liegen auf oder inseriren an dem Basale metapterygii. Da kein postaxiales inneres Skelet existirt, ist auch eine Beziehung der postaxialen Muskeln zu diesem nicht möglich. Namentlich aus dem weit verzweigten Verlauf des dorsalen postaxialen Plexus beim Sterlet lässt sich erkennen, dass die fragliche Musculatur in diffuser Weise Vertheilung an und Aufnahme in die mediale Randpartie der präaxialen Muskelmasse gefunden hat.

Es kann schon hiernach als sicher gelten, dass die Brustflosse der *Acipenseriden* in ihrem Nervensystem den Typus der Selachier erhalten hat, dass jedoch bei ihr eine einseitige Ausbildung der schon bei Selachiern eingetretenen Bevorzugung des präaxialen Theiles eingetreten ist. Es bestätigt dies den Befund GEGENBAUR'S, welcher am Skelet die medialen Radien vermisse und daraus den gleichen Schluss zog.

Fragen wir nach den Veränderungen, welche diese einseitige Ausbildung der präaxialen Musculatur innerhalb dieser selbst und an der ganzen Flosse begleiten! Dieselben sind, soweit der ursächliche Zusammenhang nachweisbar ist, als progressive Zustände charakterisirt.

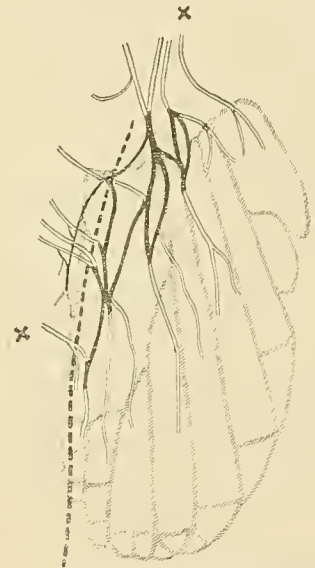


Fig. 18. *Acipenser ruthenus*, Brustflosse. Lage der ventralen Nerven auf dem Flossenskelet (nach dem Präparat gez.). Figurenerklärung s. Textfigur 15, p. 196.

Die Hauptmuskeln sind nur in wenig wesentlichen Punkten von denjenigen der Squaliden verschieden. Die *Mm. zono-keratoidei* sind schwächer, die *Mm. pterygo-keratoidei* dagegen stärker entwickelt. Die letzteren haben directe Anheftung an den distalen Partien des Skelets, soweit die Musculatur überhaupt reicht, gefunden, während bei Squaliden nur eine sehnige Ausdehnung der Ursprungszone über die Basalia hinaus stattfindet (vergl. Textfigur 17 p. 203 und 16 p. 200). Es wird dadurch der Ursprung der Hauptmuskeln am Knorpel bei den Stören distalwärts bis zum Beginn des äusseren Flossenskelets vergrössert. Dadurch kommt, abgesehen von den Bewegungen im Schultergelenk, ein mechanischer Gegensatz zwischen innerem und äusserem Skelet zu Stande, indem das erstere (Schultergürtel und freies Flossenskelet) als *Punctum fixum* gegenüber dem letzterem als *Punctum mobile* functionirt. Bei Squaliden dagegen liegt zwischen den als *Punctum fixum* dienenden Basalia der freien Flosse und dem *Punctum mobile* noch die distale Partie des inneren Skelets, welche sich indifferent verhält.

Vergegenwärtigt man sich die Wirkungsweise der Muskeln beim *Acipenser*, so darf nicht ausser Acht gelassen werden, dass bei ihm das äussere Skelet der Flosse fester (knöchern) als das innere ist, dass dagegen bei Squaliden ein solcher Gegensatz (zwischen Hornfäden und Knorpel) nicht oder gerade in umgekehrter Weise besteht. Obgleich die Kraftäusserung der Hauptmuskeln bei den Stören wie bei den Haien fast ausschliesslich auf das äussere Skelet übertragen wird, so wird bei ersteren die Biegung der Flosse doch wesentlich in dem weicheren Theil, dem Knorpel, erfolgen und deshalb nicht, wie bei den Haien, die ganze Flosse, insbesondere nicht die vom äusseren Skelet (Knochenstrahlen) eingenommene Partie betreffen. Die einzelnen Muskelfasern werden bei ihren Versuchen, ihre beiden Befestigungspunkte (Ursprung und Insertion) einander zu nähern, denjenigen Theil des Knorpels zu biegen trachten, über welchen sie hinwegziehen, da die knöchernen Strahlen in viel geringerem Maasse als die Hornfäden dem Zug nachgeben können. Da der Knorpel aber sehr dick und solid ist, wird diese Biegung vor allem an prädisponirten Stellen, an dem Schultergelenk und an der Grenze zwischen dem knorpeligen und knöchernen Skelet zum Ausdruck kommen. Natürlich ist diese Bewegung eine eingeschränkte gegenüber derjenigen bei Squaliden. Andererseits ist sie dadurch ausgezeichnet, dass die Biegung der Flosse wesentlich proximal und nicht distal wie bei diesen erfolgt. Dies ist in noch höherem Maasse bei Amiaden der Fall und erreicht seine höchste Ausbildung bei Teleostiern (s. u.).

Ganz besondere, den Haien fremde Bahnen haben bei den Acipenseriden die *Mm. zono-ptyrgiales* eingeschlagen. Sie sind zwar wie bei jenen auf den medialen und lateralen Flossenrand beschränkt und fehlen völlig der knorpeligen Flossenplatte. Die Muskeln am medialen Rande sind wenig ausgebildet und gegenüber Selachiern mit ihren Ansätzen am Basale *metapterygii* proximalwärts verlagert (vergl. Taf. XXV, Fig. 2 mit Textfigur 10 p. 179). Dies hat nichts Auffallendes, da bei der Beckenflosse von *Acanthias* eine Ausbreitung der Insertionen am ganzen medialen Rande des Basale stattfindet. Ein solcher Zustand wird wahrscheinlich die Vermittelung zwischen den bei der Brustflosse von Squaliden und Acipenseriden beobachteten gebildet haben. Die Bewegungsmöglichkeit der Flosse im Schultergelenk wird durch die Art der Insertion dieser Muskeln bei den Stören eine günstigere, während eine Wirkung auf das Basale *metapterygii* im Sinne einer Durchbiegung desselben unmöglich ist. Die Beschränkung der Bewegung geht auch hier in der Weise vor sich, dass die Bewegung eine rein proximal localisirte wird.

Dasselbe ist am lateralen Flossenrande der Fall. Auch hier inseriren die Muskelfasern bei den dorsalen Muskeln am proximalen Rande des *Propterygium*. Sie haben sich aber zu einem mächtigen Muskel entwickelt, dem *Musc. adductor ossis marg.* Derselbe ist fast völlig getrennt von dem Hauptmuskel und in seiner Function mehr selbständig.

Sein Antagonist, der *Musc. abductor oss. marg.* der ventralen Seite, ist noch stärker entwickelt und ein selbständiges Muskelindividuum. Nur die Innervation zeigt hier noch die ursprüngliche Zugehörigkeit zum Hauptmuskel. Der Insertion nach gehört dieser Muskel zu der Kategorie der *Mm. zono-keratoidei*, da er am lateralen Knochenstrahl angeheftet ist. Da dieser aber scheidenförmig das Propterygium umfasst und ich an diesem selbst keine Muskelinsertionen finden konnte, ist an eine nachträgliche Ueberwanderung des Ansatzes dieses Muskels vom Knorpel auf den Knochen zu denken.

Die Musculatur des knöchernen Randstrahles hat ihr besonderes Merkmal dem Schultergürtel aufgeprägt in den weiten Muskelkanälen, deren Bedeutung schon GEGENBAUR's Scharfblick (1865) nicht entging. Die Musculatur ist so mächtig wie die Hauptmuskeln und befindet sich, als eine neue, niederen Fischen fremde Gruppe, in scharfem Wettbewerb mit diesen. Ja, es sind Anzeichen vorhanden, dass die Hauptmuskeln bei den Stören schon in directer Rückbildung begriffen sind. Es finden sich nämlich an der Innenseite des Schultergürtels Bündelchen von Muskelfasern, welche der Rumpfmusculatur aufliegen und nur schwer von dieser zu trennen sind. Sie werden von Aestchen der Flossennerven versorgt (Taf. XXV, Fig. 1). Es sind also Reste von Flossenmuskeln, welche sich von der Flosse getrennt und der Rumpfmusculatur angeschlossen haben. Aus ihrer Lage geht hervor, dass die Flossenmuskeln ursprünglich weiter cranialwärts am Schultergürtel entsprungen. Denn die oben beschriebenen Fasergruppen sind offenbar Relicte, welche bei der Rückbildung des Muskels übrig blieben. Die dürftige Entwicklung der *Mm. zono-keratoidei* bei den Hauptmuskeln ist ebenfalls eine Folge der Einschmelzungen, welchen diese alte Musculatur unterliegt.

So verschiebt sich bei den Stören die Ausbildung und Wirkung der Flossenmuskeln in einseitiger Richtung, indem wesentlich der mächtige knöcherne Randstrahl durch eine neue, aus den alten Hauptmuskeln entstandene Musculatur ab- und adducirt wird. Dadurch kommt eine wechselnde Entfaltung der durch das knöcherne äussere Skelet starr gewordenen Flossenfläche und ein Zusammenklappen derselben je nach Nothwendigkeit und Bedürfniss zu Stande. Die Hauptmuskeln dienen noch zur Bewegung der Flossen im Sinne einer Hebung und Senkung, besorgen aber nicht mehr wie bei Squaliden die Feststellung und Durchbiegung des äusseren Skelets. Dadurch erklärt sich ihre Reduction gegenüber jenen.

Die Verschiebung der Brustflosse bei *Acipenser* nach dem Kopfe zu ist eine Fortführung der bei Squaliden im Flusse befindlichen gleichartigen Bewegung. FÜRBRINGER (1897) hat dieselbe speciell bei Ganoiden mit Recht in Zusammenhang mit der besonderen Reduction des Kiemenkorbes gebracht, welche nicht die Zahl, wohl aber die Entfaltung der Kiemenbogen betrifft. Es scheint mir von Wichtigkeit zu sein, dass die *Acipenseriden* bezüglich der Wanderung der Flosse an die primitiveren Haie (heptanche, hexanche und niedere pentanche Formen) anschliessen und nicht an die höher specialisirten Formen, bei welchen eine Verschiebung der Brustflosse nach dem Schwanze zu erfolgt (BRAUS, 1898 und 1899).

Kurz zusammengefasst, ist das Resultat der Untersuchung der Flossenmusculatur und ihrer Innervation bei den *Acipenseriden* so zu definiren, dass überall ein Anschluss an ähnliche Zustände wie bei Squaliden (z. B. *Spinaciden*) nachzuweisen, jedoch eine einseitige Differenzirung in besondere, allen Haien, namentlich auch den höher specialisirten Formen derselben fremde Bahnen eingetreten ist. Es stimmt das sehr gut überein mit den Resultaten, welche GEGENBAUR (1865) aus seinen Untersuchungen des Skelets der Flossen ableitete, während es unvereinbar ist mit den Anschauungen, welche THACHER (1877 A, B), MIVART (1879) und WIEDERSHEIM (1892) bezüglich der primitiveren Structur der Störflosse, besonders freilich der hinteren, ausgesprochen haben. Mehr noch als von den Haien ist *Acipenser* von den Dipnoern entfernt, mit welchen eine Vergleichung nur durch Vermittelung der Haie möglich ist, da gerade das Characteristicum

der Dipnoerflosse, die postaxiale Entfaltung der Extremität, bei den Stören weit stärker als bei den Selachiern zurückgebildet ist.

Die Beziehungen der Störflosse zu den Extremitäten höherer Fische (Knochenganoiden, Teleostiern) will ich in der Weise besprechen, dass ich die Resultate der Untersuchungen bei *Amia* zu analysiren und den Zusammenhang mit den Knorpelganoiden und Selachiern einerseits und den Teleostiern andererseits festzustellen versuche.

β) Die Stellung der Amiadenbrustflosse zu derjenigen der übrigen Paläichthyer.

Die Amiaden sind schon bezüglich der serialen Stellung der Flossen zum Rumpfe in charakteristischer Weise von den übrigen Ganoiden verschieden, indem eine Bewegung der Vorderextremität nach dem Schwanze zu eingetreten ist. Sie verhalten sich in diesem Punkte zu den Knorpelganoiden wie die höheren pentanchen Squaliden und die Rochen zu den niederen Haien (BRAUS 1898, 99).

Auch in der Organisation der Flossen selbst ist eine höhere Differenzirung gegenüber dem Zustand der Knorpelganoiden erreicht, freilich nicht in der Weise, dass *Amia* sich direct an diese anschliessen liesse.

Für *Amia* ist nämlich eine Sonderung charakteristisch, welche bei der dorso-medialen Flossenmusculatur am weitesten durchgeführt ist und sich direct mit den bei Squaliden beobachteten Verhältnissen vergleichen lässt. Bei diesen ist die Gruppe der Mm. zono-keratoidei am medialen Rande des dorsalen Hauptmuskels von den Mm. pterygo-keratoidei dadurch getrennt, dass erstere ihren Ursprung am Schultergürtel dorsalwärts verschoben und sich mit diesem dadurch bis zur theilweisen Lösung des Zusammenhanges von dem letzteren entfernt haben (p. 181). Dies ist bei *Amia* noch weiter gediehen und hat zur Differenzirung eines ziemlich selbständigen, oberflächlichen Muskelindividuums geführt, welches am Schultergürtel (Cleithrum) dorsal entspringt und an den Knochenstrahlen des Metapterygium und der freien Knorpelradien inserirt (Taf. XXVI, Fig. 4 A).

Auf der ventralen Flossenfläche ist die Sonderung nicht so ausgesprochen; bei Squaliden fehlt sie an dieser Stelle ganz.

Da *Acipenser* in dieser Hinsicht weder an der dorsalen noch ventralen Fläche der Flosse ähnliche Verhältnisse wie die Squaliden besitzt, so liegt offenbar eine divergente Differenzirung bei diesem und *Amia* vor, indem das Bild, welches die Anordnung der Hauptmuskeln bei den Squaliden darbietet, bei den Stören im Verschwinden, bei *Amia* in weiterer Ausbildung begriffen ist.

Dies äussert sich bei *Amia* auch darin, dass bei den Hauptmuskeln keine Abnahme der Mm. zono-keratoidei, wie beim Sterlet, sondern im Gegentheil eine Zunahme dieser Kategorie beobachtet wurde. Einmal wird dieselbe durch eine Ausdehnung der Ursprünge dieser Muskeln bis an den vorderen Schultergürtelrand veranlasst (Taf. XXVI, Fig. 4 A). Man erkennt die Vermehrungsrichtung an der Bogenform des Nerven, welcher diazonal verläuft und über das Spangenstück sich kopfwärts zu der hier entspringenden Musculatur begiebt (Fig. 4 B). Einen so excessiven Grad der cranialwärts gerichteten Ausdehnung der Hauptmuskeln sah ich selbst bei Squaliden nicht.

Ferner wandern Mm. pterygo-keratoidei auf den Schultergürtel mit ihren Ursprüngen hinüber und verwandeln sich dadurch in Mm. zono-keratoidei. Man erkennt dies am besten an der tiefen Muskelgruppe, welche an dem Knorpelstückchen x und der benachbarten Partie des knorpeligen Schultergürtels (Fig. 4 B) entspringt. Diese Muskeln hängen distalwärts innig mit den Mm. pterygo-keratoidei zusammen und verhalten sich zu den oberflächlichen Mm. zono-keratoidei gerade so wie erstere zu letzteren (s. p. 218).

Die Beurtheilung dieser Fasern ist für die Auffassung des Knorpels α von Bedeutung. Derselbe kann entweder durch eine Abgliederung vom Schultergürtel entstanden sein oder einen rudimentären Radius der postaxialen Seite des Pterygium repräsentiren. Er liegt in meinem Exemplar vom Schultergürtel und Metapterygium wenig, aber gleich weit entfernt. Er selbst giebt also keine Auskunft darüber, welche von den beiden Deutungen die richtige ist. Ist das Knorpelchen ein Theil des Pterygium, so wäre der Ursprung der Musculatur an ihm das Gewöhnliche, da dieselbe den Charakter von *Mm. pterygo-keratoidei* hat. Gehört dasselbe zum Schultergürtel, so muss eine Ueberwanderung von Ursprüngen der Muskelfasern jener Art vom Skelet der freien Flosse auf diesen angenommen werden. Das letztere bereitet bei der leichten und häufigen Verlagerung von Muskelursprüngen keine Schwierigkeiten, zumal in diesem Falle, da andere Muskelbündel auf den Schultergürtel in der That übergewandert sind. Denn die Befestigung der dritten von mir unterschiedenen Gruppe der *Mm. zono-keratoidei* (p. 218) am primären Schultergürtel ist nur verständlich, wenn man eine Ueberwanderung der Ursprünge ehemaliger *Mm. pterygo-keratoidei* auf ihn annimmt. Die übrigen Merkmale der Fasern stimmen gar nicht mit denen der *Mm. zono-keratoidei* überein. Andererseits ist eine Verschiebung von Muskelursprüngen in rostraler Richtung auch bei anderen Brustflossenmuskeln oben nachgewiesen worden.

Ich muss die Deutung des Knorpels α vorläufig in der Schwebe lassen, bemerke jedoch hier schon, dass die Möglichkeit, denselben als rudimentären Strahl aufzufassen, zu einem Vergleich mit der *Polypterus*-Flosse auffordert. Denn nur bei dieser sind unter den Ganoiden postaxiale Theile des Archiptygium erhalten. Damit würde das Amioptygium in ein neues Licht rücken.

Wie sehr sich die Lage der Muskeln zum Skelet an der Brustflosse von *Amia* cranialwärts verschoben hat, ist an der Lage der Nerven zu diesem leicht zu erkennen, wenn man die Verhältnisse bei Selachiern und Knorpelganoiden in Vergleich zieht. Bei *Amia* liegt der grössere Theil der Flossennerven mit der Stelle, an welcher sie sich in den dorsalen und ventralen Ast gabeln, über dem primären Schultergürtel (Taf. XXVI, Fig. 4 A, 4.–9. Spinalnerv). Bei Squaliden und Acipenseriden befindet sich die Theilungsstelle bei den meisten Nerven am Basale metapterygii (Taf. XXII, XXIII, XXV).

Die Ursache dieser Verschiebung der Flossenmusculatur bei *Amia* erblicke ich in der zunehmenden Starrheit des Extremitätenskelets. Bei den Stören ist noch das primäre Flossenskelet knorpelig. Bei *Amia* beginnt auch dieses distal zu verknöchern. Damit wird immer mehr die schon beim Sterlet nur noch bedingte Möglichkeit, durch Biegungen des inneren Skelets Bewegungen zu erzeugen, eingeschränkt (p. 224). Ein gewisser Grad der Beweglichkeit wird noch in den Verbindungen der Radien mit dem Metapterygium bestehen.

Stärkere Knickungen sind aber nur möglich im Schultergelenk, dem einzigen ausgebildeten Gelenk der Extremität (alle anderen sind „Vollgelenke“ im Sinne SEMON's), oder zwischen innerem und äusserem Skelet, da diese beiden nicht fest mit einander verbunden sind. Da die Muskeln aber wesentlich an den Knochenstrahlen des äusseren Skelets inseriren, so besitzen diejenigen von ihnen, welche an dem fest verankerten Schultergürtel entspringen, einen besseren point d'appui als die vom beweglichen inneren Flossenskelet Ursprung nehmenden Muskeln.

Bei Knochenfischen hat die bei *Amia* angebaute Richtung dazu geführt, dass sämtliche Muskeln mit ihren Ursprüngen auf den Schultergürtel gerückt sind. Es ist ihnen dabei nach den genauen Untersuchungen von GEGENBAUR (1865) in vielen Fällen ein Angliederungsprocess behülflich, welcher die übrig gebliebenen Theile des primären Brustflossenskelets mit dem Schultergürtel vereinigt. Für die Musculatur ist dadurch der bei *Acipenser* in den Anfangsstadien, bei *Amia* in weit höherem Grade nachweisbare Zustand bis zur vollen Ausbildung gediehen, dass das innere Gliedmaassenskelet (resp. dessen Deckknochen)

nichts anderes als die Ursprungsfläche, das äussere nur die Insertionsstellen für die Flossenmuskeln abgibt. Das Skelet kann sich dieser Einrichtung in einzelnen Fällen [z. B. bei *Periophthalmus*¹⁾] so sehr anpassen, dass ein besonderes Gelenk zwischen innerem und äusserem Skelet zu Stande kommt (HÄMMERLE 1897, p. 28, 31). Bei Selachiern dagegen ist die Biegsamkeit von innerem und äusserem Flossenskelet zu einer ganz anderen Art der Bewegung der Flosse verwerthet (p. 200). Noch weiter sind die Einrichtungen bei den Dipnoern hiervon entfernt (p. 149f.).

Es sind in der *Amia*-Flosse noch verschiedene andere Einrichtungen erhalten, welche einen alten Erbtheil der niederen Fische bilden, aber hier stärker als bei *Acipenser* verändert sind. So lässt sich ein prä- und postaxialer Plexus im Vergleich mit den Verhältnissen bei *Acipenser* wohl unterscheiden. Der letztere ist aber an der dorso-medialen Flossenmusculatur noch stärker auf die Oberfläche hinaufgerückt, als dies beim Sterlet der Fall ist (vergl. Taf. XXVI, Fig. 4 A, und Taf. XXV, Fig. 1). Um dies zu verstehen, muss man in Betracht ziehen, dass die dorsalen Hauptnervenstämme in den Hauptmuskel nicht am Rande, wie bei *Acipenser*, oder in der Nähe des Randes, wie bei Squaliden, eintreten, sondern dass bei *Amia* die Nerveneintrittsstellen dorsalwärts auf die Oberfläche des Muskels verschoben sind (Taf. XXVI, Fig. 4 A). Ferner sind die Ursprünge der am ventralen Flossenrande liegenden Mm. zono-keratoidei sehr stark dorsalwärts am Cleithrum in die Höhe gerückt. Dieser Tendenz der Ausbreitung in dorsaler Richtung sind offenbar auch die Muskelfasern gefolgt, welche vom Plexus postaxialis versorgt werden, und haben dessen Aeste immer mehr über diejenigen des Plexus praeaxialis hinübergezogen. Daher kommt es, dass die beiden bei Selachiern entsprechend ihrem Namen cranial und caudal von der Axe des Basale metapterygii liegenden Geflechte bei Amiaden schliesslich in eine oberflächliche Schicht (Plexus praeaxialis) und eine tiefe Schicht (Plexus postaxialis) verwandelt sind. Allerdings ist auch bei *Amia* der oberflächliche Plexus nicht so weit entfaltet, dass er etwa die Randstrahlmusculatur erreichte. Er verräth durch seine auf den ventralen Theil der Flosse beschränkte Lage noch die ursprüngliche Position am ventralen Flossenrande.

Auch bei der Musculatur des Randstrahles ist eine grosse Selbständigkeit gegenüber dem Hauptmuskel und eine ähnliche, wenn auch nicht so beträchtliche, Entfaltung wie bei Acipenseriden festgestellt worden.

Bisher habe ich eine Reihe von Merkmalen der *Amia*-Flosse aufgeführt, welche sich zwar zum Theil als erhebliche Abweichungen vom Typus der Acipenseriden charakterisiren, aber doch entweder einen Anschluss an die Einrichtungen der Störe, oder doch eine ihnen parallel verlaufende Organisation erkennen liessen. Es ist dies so zu verstehen, dass *Amia* auf Grund dieser bisher erwähnten Befunde für einen Fisch gelten kann, welcher an seiner Brustflosse die Anordnung der Musculatur zum Randstrahl und die Veränderung der postaxialen Musculatur in ähnlicher Weise wie die Acipenseriden erfahren hat, andererseits aber durch eine progressive Ausbildung der präaxialen Musculatur eine Weiterentwicklung gegenüber den Stören einschlägt, welche bei Teleostiern in mannigfaltigster Form durchgeführt ist. Die Acipenseriden haben dagegen durch die einseitige Entwicklung der Randstrahlmusculatur unter regressiver Veränderung des Hauptmuskels eine besondere Richtung eingeschlagen, welche nicht zu anderen, höher differenzirten Formen hinüberführt.

Mit diesen Ausführungen ist keineswegs alles erschöpft, was sich auf Grund der früher mitgetheilten Befunde über die Stellung der Brustflosse von *Amia* innerhalb der Ganoiden sagen lässt. Doch möchte ich, um dies besser würdigen zu können, hier zunächst die zusammenfassende Besprechung der Crossopterygier anschliessen.

1) S. p. 174. Die mir erst während des Druckes dieser Abhdl. zugänglich gewordene Arbeit von HÄMMERLE liefert für *Periophthalmus*, die p. 174, Anm. 1, als Desiderat bezeichnete genauere Untersuchung und speciell eine Beschreibung des früher zwar bekannten, aber nicht in seiner genaueren Configuration gewürdigten distalen Gelenkes.

γ) Die Stellung der Crossopterygier-Brustflosse zu derjenigen der übrigen Paläichthyer.

Die Brustflosse des *Polypterus*, welche in ihrer serialen Stellung zum Rumpf derjenigen der Acipenseriden ähnlich ist, hat verschiedene wichtige Merkmale, welche allen anderen von mir untersuchten Ganoiden fehlen.

Der Plexus omoptyerygialis distalis erinnert in seiner Anordnung an die Verhältnisse bei *Ceratodus* und unterscheidet sich von denjenigen bei Selachiern und anderen Ganoiden deutlich. Es existiren nämlich mehrere gut entwickelte Längsstränge, welche über die Cartilago centralis proximo-distalwärts und nahe dem postaxialen Rande hinweglaufen (Textfigur 19). Von diesen strahlen nach dem prä- und postaxialen Rande der Flosse Aestchen, welche ebenfalls Geflechte bilden, aus.

Bei Selachiern und bei den anderen Ganoiden kommen derartige strangartige Geflechte beim Plexus praeaxialis (z. B. Taf. XXIX, Fig. 1) und beim Plexus postaxialis (z. B. Taf. XXIII, Fig. 2) vor. Um die fraglichen Gebilde bei *Polypterus* mit einem von diesen Plexus vergleichen zu können, müsste sich zeigen lassen, wo das andere Geflecht zu finden wäre. Denn bei allen niederen Fischen, welche ich untersuchte, sind beide, das postaxiale freilich meist in reducirtem Zustande, erhalten. Die oberflächlichen Aestchen, welche sich von den Hauptnervenzstämmen bei *Polypterus* ablösen, ehe diese in die Musculatur eintreten (Taf. XXVI, Fig. 2), ähneln zwar in ihrer Lage ein wenig dem gegenüber dem ursprünglichen Zustande stark veränderten Plexus postaxialis der *Amia*-Flosse (Fig. 4 A). Aber einmal sind diese Nerven bei *Polypterus* zum Theil Hautäste; andererseits bilden sie kein Geflecht unter einander. Sie sind nichts anderes als früh sich abzweigende Aestchen, wie diejenigen, welche beim Nerven b (2) noch viel weiter vertebralwärts zum Musculus levator abgehen (Fig. 1 und 2). Sie kommen demnach nicht in Betracht. Andere Aeste sind aber nicht vorhanden. Es stecken also wahrscheinlich beide Plexus in den Längssträngen.

Es besteht nun eine gewisse Aehnlichkeit der Nervenlängsstämme der *Polypterus*-Flosse mit derjenigen bei *Ceratodus*, namentlich bei der Brustflosse dieses Dipnoers (Textfigur 15 a, p. 196). Die bei beiden übereinstimmende Lage auf der Fläche¹⁾ der Flosse, nicht etwa ausgesprochen am Rande derselben, unterstützt die Ansicht, dass auch bei *Polypterus* wie beim Lungenfisch in den Geflechten des Plexus omoptyerygialis distalis das ganze Netz der Plexus prae- und postaxialis vorliegt.

Damit scheint mir ein neuer Anhaltspunkt dafür gegeben zu sein, dass die Cartilago centralis der *Polypterus*-Flosse nicht, wie GEGENBAUR ursprünglich (1865) wollte, ein Mesopterygium, sondern, seiner neueren Auffassung (1895, vergl. auch 1873, p. 139) entsprechend, ein dem Metapterygium der Selachier und dem Stammstrahl der Dipnoer ganz oder zum Theil homologes Skeletstück darstellt.

Es ist die Frage vielfach aufgeworfen worden, ob die Cartilago centralis durch eine Verschmelzung eines Stammradius mit Seitenradien zu Stande gekommen sei, oder ob eine Verbreiterung des Axenstrahles



Fig. 19. *Polypterus*-Brustflosse. Lage der Nerven zum Skelet. Letzteres ist vereinfacht gegenüber dem tatsächlichen Befund (verg. Taf. XXVI, Fig. 1 A). In Folge dessen liegt Axe anders zur Zahl der Radien als in Textfigur 20 e. Figurenerklärung vergl. Textfigur 15, p. 196.

1) Die Angabe von KLAATSCH (1896), dass bei *Polypterus* die Nerven durch eine tiefe Muskelschicht vom Knorpel getrennt seien, trifft für diese Plexusbildungen nicht zu.

vorliege. Um eine Verschmelzung anzunehmen, wie dies mit Bestimmtheit POLLARD (1892) und MOLLIER (1897, p. 28) thun, müssten Reste der ursprünglichen Bestandtheile nachweisbar sein. Diese werden, abgesehen von den vieldeutigen Einkerbungen des distalen Knorpelrandes, welchen POLLARD Bedeutung beimass, darin erblickt, dass der Knorpel von Löchern durchbrochen ist. Diese Löcher scheinen mir in der That Beachtung zu verdienen. Sie dienen, wie KLAATSCH und ich nachwiesen, ausschliesslich Gefässen zum Durchtritt. In der Umgebung einiger von ihnen (KLAATSCH) tritt bei älteren Exemplaren die schon JOH. MÜLLER (1846) bekannte Verknöcherung im Centrum des Knorpels auf. Sie selbst entstehen aber wohl unabhängig von der Ossification. Wenigstens sind in meinem Exemplar 4 Foramina (also sogar eines mehr, als KLAATSCH bei einer *Polypterus*-Flosse mit Knochenkern fand) vorhanden, ohne dass von Ossification etwas zu merken gewesen wäre. Auch gehen bei meinem Exemplar die Gefässe glatt von der einen Seite zur anderen hindurch und lösen sich nicht etwa im Knorpel auf.

Perforirende Gefässe gelten an manchen Stellen bei den Extremitäten höherer Thiere als Marken für ehemalige Grenzlinien zwischen einst getrennten Theilen [z. B. Arteria perforans im Carpus zwischen Ulnare und Intermedium¹⁾, Taf. XXVII, Fig. 1 B]. An anderen Stellen werden Gefässe in das Skelet aufgenommen, wo dies nicht mit einer ursprünglichen Discontinuität der Theile in Zusammenhang gebracht werden kann (z. B. beim Foramen supracondyleum des Humerus, in welchem sich A. brachialis und N. medianus finden).

Die Deutung der Kanäle bei *Polypterus* und *Calamoichthys* ist also eine zweifelhafte. Hoffentlich bringt die Entwicklungsgeschichte Aufschluss über dieselben. Bis dahin müssen wir uns mit Vermuthungen begnügen, welche jeder Zeit durch neue Thatsachen corrigirt und umgeworfen werden können.

Da bei den Pterygiophoren Kanäle im Knorpel der freien Flosse bisher nirgends²⁾ gefunden sind, so ist es immerhin auffallend, dass gerade bei *Polypterus* solche secundär in den Knorpel hineingerathen sein sollen. Ausserdem erfordert die Lage der Kanäle in einer, parallel dem Marginale postaxiale verlaufenden Linie, auf welche KLAATSCH zuerst hinwies, eine Erklärung.

Es ist das Verdienst von KLAATSCH, erkannt zu haben, dass die Brustflosse der recenten Crossopterygier asymmetrisch zu ihrer ursprünglichen Axe entwickelt ist. Er schliesst dies³⁾ aus der äusseren Form der Flosse, der Richtung der endständigen Radien und der Lage des distalwärts am weitesten vorspringenden Punktes am Knorpelcontour (vergl. auch meine Taf. XXVI, Fig. 1 A). Diese Momente lassen übereinstimmend die Vermuthung zu, dass die Axe nahe dem postaxialen Rande und nicht in der Mitte der Cartilago centralis zu suchen sei. Ich möchte dieselbe weiter unterstützen durch den Hinweis auf die Form und Anordnung der Mm. zono-keratoidei, der ältesten Extremitätenmuskeln, welche die Flosse besitzt. Dieselben breiten sich divergirend auf der Flossenplatte aus, und zwar von einer Axe, welche etwa an die selbe Stelle zu legen ist, wie es nach den oben erwähnten Facta geschehen kann. Auch die Zwischensehnen beider Hauptmuskeln geben jene Richtung an, obgleich ihnen als secundären Differenzirungen keine grosse Bedeutung in dieser Frage beizumessen ist. Das Nervensystem schliesslich ist in demselben Sinne zu verwerthen. Denn auch die Lage und Richtung der Hauptnervestämme deutet auf eine Axe hin, welche näher dem post- als präaxialen Rande der Flosse lag (Textfigur 19, p. 229).

1) Vergl. besonders die Arbeiten von EMERY (1894, 1897 A und B).

2) Ueber Ausnahmen, welche ich bei *Ceratodus* fand, werde ich später (p. 258) berichten. Sie scheinen mir auch für die Wichtigkeit dieser Kanäle zu sprechen.

3) Den anderen Argumenten von KLAATSCH kann ich keine Beweiskraft zuerkennen. Der unvollständige Radius, durch welchen der Autor die Axe bestimmt sieht, ist nicht der einzige, welcher vorkommt (vergl. meine Taf. XXVI, Fig. 1 A). Warum aber die Gefässlöcher die Lage der Axe bestimmen sollen, bleibt in der Darstellung KLAATSCH's unerörtert. Man wird wohl annehmen dürfen, dass gerade dort, wo sie sich befinden, die Axe nicht zu suchen ist.

Genau die Stelle zu bestimmen, an welcher die Axe zu suchen ist, z. B. durch Angabe des betreffenden distalen Radius, wie KLAATSCH es thut, erscheint mir jedoch nach dem vorliegenden Material unmöglich¹⁾. Die einzelnen Momente, welche für die asymmetrische Lage der Axe sprechen, sind überhaupt ihrer Beweiskraft nach nicht so hoch zu veranschlagen, dass eines ausschlaggebend für die Reconstruction derselben sein könnte. Nur ihre Coincidenz macht dieselbe möglich. Dieses Zusammenfallen der Axen heterogener Flossenbestandtheile ist natürlich kein absolutes. Eine gewisse Breite bleibt zur willkürlichen Anordnung der Axe zur Verfügung.

Die Asymmetrie des Skelets ist möglicher Weise schon bei fossilen Crossopterygiern vorhanden gewesen. Die Form der Flosse und die Anordnung des äusseren Skelets bei *Holoptychius* z. B., bei welchem der eine Flossenrand mächtig entwickelt, der andere viel weniger entfaltet ist (Textfigur 20a), lässt vermuthen,

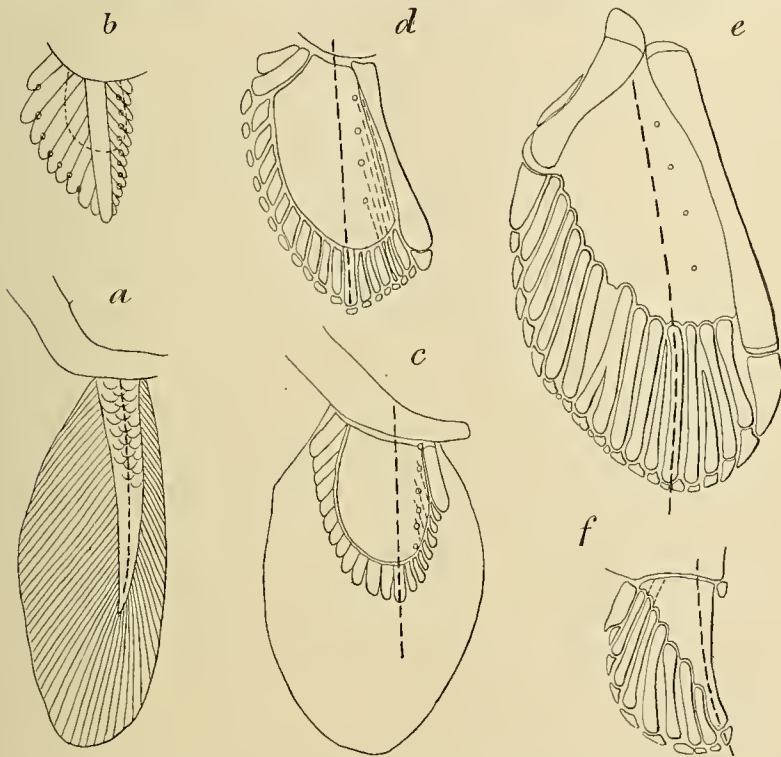


Fig. 20. Schema einer Ableitung der Brustflosse von *Polypterus* und *Amia*.

a Fossile Brustflosse eines *Holoptychius*.

b Hypothetische Urform des Knorpelskelets eines primitiven Ganoiden. Die spätere Verschmelzungszone ist mit punktirtem Contour angegeben. Gefässlöcher zwischen den Enden der Seitenradien.

c Undinastadium. In eine Contourzeichnung nach der Brustflosse des Fossils ist die hypothetische Form des Knorpelskelets eingetragen. Die Gefässlöcher liegen in der axialen Knorpelplatte. Lage der ursprünglichen Axe durch fett gestrichelte Linie bezeichnet.

d Hypothetische Uebergangsform vom Undinastadium zu recenten Crossopterygiern Lage der Axe siehe unter c.

e Knorpelskelet der Brustflosse von *Polypterus bichir*. (Copie nach Taf. XXVI, Fig. 1.)

f Knorpelskelet der Brustflosse von *Amia calva*. Schematisirt nach Taf. XXVI, Fig. 4 B. Die axiale Knorpelplatte ist nach der linken Seite zu ergänzt.

dass die erstere auch von kräftigeren Seitenstrahlen der biserialen Axe gestützt wurde als die letztere. Die bei diesen alten Formen viel weiter terminalwärts als bei den recenten entwickelte Axe wird also näher dem geraden als dem gebauchten Rande der Flosse zu suchen sein. Die directen Beobachtungen hierüber bei Fossilien sind leider sehr spärlich (TRAQUAIR, 1876, p. 390).

Um aber auf die Gefässlöcher im Knorpel recenter Crossopterygier-Brustflossen zurückzukommen, so muss bei ihnen die eigenthümliche Lage in der Nähe des postaxialen Randes des Knorpels mit Rücksicht auf die Axenbestimmung auffallen. Sie liegen der Axe benachbart und in einer Linie, welche der Richtung derselben ungefähr entspricht (Textfigur 20e). Sind die Gefässlöcher keine späten Neubildungen (was ich in keiner Weise als entschieden ansehen möchte), so lässt sich am ehesten, wie ich glaube, ihre Lage verstehen, wenn man annimmt, dass von der Axe der ursprünglichen, bereits asymmetrisch entwickelten Flosse aus (*Holoptychius* a und Schema b) eine allmähliche und gleichmässig nach der Peripherie des Knorpelskelets

1) Ich habe in Textfigur 19. p. 229 die Axe mit ? versehen, um damit auszudrücken, dass ich die Lage desselben genau an dieser Stelle nicht vertreten möchte. Vergl. p. 230 Anm. 3.

fortschreitende Verschmelzung der Basalia der Seitenradien mit der Axe selbst stattfand. Diese Verschmelzung würde dann Gefässstämme¹⁾, welche zwischen den Radien lagen, in den Knorpel eingeschlossen und, da die postaxialen der Axe, also dem Centrum concentrischer Wachsthumslinien, näher lagen als die präaxialen, erstere schon früh erreicht haben (Schema b und c, Textfigur 20).

Die schliessliche Ausgestaltung der Brustflosse recenter Crossopterygier beruht nach GEGENBAUR auf Reductionen²⁾ der Axenplatte in Folge vicariirenden Wachstums zweier Randstrahlen, der Marginalia. Diese gewinnen durch ihre Beziehungen zur Musculatur und den aus ihr entstehenden Muskelindividuen immer grössere Bedeutung und verdrängen die Knorpelplatte immer mehr. Das dem präaxialen Marginale anhängende Knorpelchen zeigt dabei, dass hier nicht der äusserste Strahl sich entwickelte, sondern mindestens erst der zweite (Textfigur 20 c, d, e).

KLAATSCH (1896, p. 311) hat versucht, durch seine Befunde am Nervensystem nachzuweisen, dass die *Polypterus*-Brustflosse „Zustände von wahrhaft classischer Einfachheit“ besässe. Von seinen Argumenten scheint mir aber ein Theil auf sehr anfechtbaren Beobachtungen zu basiren (geringe Zahl, mangelnde Verbindungen der Nerven, Plexusbildung nur in Anfängen, Abnahme der Nervenverbindung in cranio-caudaler Richtung); die übrigen kommen bei dieser Frage kaum in Betracht, da sie entweder allen niederen Fischen und speciell auch allen Ganoiden zukommen (Theilung eines jeden Flossennerven in R. ventr. und dors.) oder wenigstens den meisten Paläichthyern (sehr weit cranial liegende Flossennerven; sie sind bei Dipnoern, vielen Squaliden, Acipenseriden vorhanden, BRAUS 1898A, Taf. XVII und diese Abhandlung, p. 206).

Es finden sich vielmehr, abgesehen von den Spuren ursprünglicher Biserialität, überall erhebliche progressive Veränderungen der *Polypterus*-Brustflosse, welche diese von ihren muthmaasslichen Vorfahren weit entfernt und in besondere Bahnen gedrängt haben.

So ist von KLAATSCH auch die verticale Ruhelage der Brustflosse für primitiv gehalten worden. Es zeigt sich jedoch, dass die Musculatur eine ventro-laterale und dorso-mediale Lage besitzt, da der Musc. depressor (Taf. XXVI, Fig. 2), ein ventral entspringender Muskel, seiner Innervation nach zur lateralen Musculatur gehört. Der M. levator andererseits entspringt dorsal und gehört zur medialen Musculatur. Die Nerven des Plexus omopterygialis posterior treten auch nicht an der unteren Kante der Flosse zwischen lateraler und medialer Flossenfläche in die Musculatur hinein (KLAATSCH), sondern ihre Eintrittsstelle liegt auf der medialen Flossenfläche, zwischen dem Rande des M. depressor und M. retractor (Taf. XXVI, Fig. 2 s. p. 211 Anm.).

Man könnte jedoch in der Lage der Muskelursprünge etwas spät Erworbenes erblicken, da diese so oft und leicht ihre Lage wechseln. Entscheidend ist deshalb die Anordnung der Nerven zum Skelet. Der Plexus omopterygialis posterior theilt sich am Rande des Marginale postaxiale (Taf. XXVI, Fig. 1A) in seine Rami dorsales et ventrales. Daraus geht hervor, dass dieser, wie der entsprechende, an der Theilungsstelle der Flossennerven liegende Rand der Dipnoer- und Selachierflosse, der Rumpfwand ursprünglich zunächst gelegen haben muss. Ausserdem können die vorderen Flossennerven ihre eigenthümliche dorsale Lage nur durch eine sehr starke Axendrehung der *Polypterus*-Flosse erhalten haben. Es

1) „Randgefässe“, welche der Peripherie des Knorpels folgen, sind von MOLLIER bei Störembrionen beschrieben worden (1897, p. 32 und Textfigur 9); um Aeste von solchen würde es sich handeln.

2) Auch am distalen Rande der Knorpelplatte scheinen mir Reductionen eingetreten zu sein. Manche Endradien erreichen nicht mehr den Knorpel oder sind mit Nachbarstrahlen verschmolzen (Textfigur 20e, letzteres stellt KLAATSCH irrthümlicher Weise gegenüber WIEDERSHEIM in Abrede). Die Reduction der Strahlen ist bei *Calamoichthys* weiter fortgeschritten und hat zu einer Einbusse an Radien gegenüber *Polypterus* geführt. Für distale Verschmälerungen sprechen auch Conrescenzen unter den Epactinalia (POLLARD, vergl. auch meine Figur) und die Verschmelzung der Cartilago centralis mit der distalen Epiphyse des Marginalia praeaxiale (PARKER, KLAATSCH), welche ich, entgegen KLAATSCH, der sie nur bei *Calamoichthys* sah und für *Polypterus* in Abrede stellt, auch bei diesem finde (Taf. XXVI, Fig. 1A).

kommt bei keinem anderen mir bekannten Fisch vor, dass cranialwärts von diazonalen Nerven¹⁾ metazonale liegen, wie dies bei den präaxialen Aesten des 2. und 3. Spinalnerven bei *Polypterus* der Fall ist (siehe Fig. 1 A und 2). Bei den meisten Selachiern und allen übrigen Ganoiden liegt der vorderste Flossennerv diazonal; bei Dipnoern und einigen Squaliden (z. B. *Spinax*, individuell) befindet er sich zusammen mit allen folgenden Nerven metazonal.

Es wäre aber unverständlich, warum von allen Flossennerven gerade der eine Ast des 4. Spinalnerven aus der Reihe der übrigen metazonalen Nerven heraus- und in den Schultergürtelknorpel hineingerathen sein könnte, wenn man etwa daran denken wollte, alle metazonalen Nerven der *Polypterus*-Flosse für primär metazonal zu halten. Man muss vielmehr für die Entstehung der diazonalen Nerven dieselben Ursachen postuliren, welche bei den Extremitäten der niederen Wirbelthiere und besonders der Fische ganz allgemein wirksam sind. Diese führen regelmässig dazu, dass zuerst der vorderste, dem Extremitätenbogen zunächst liegende Flossennerv, dann der 2., 3. u. s. w. in den Schultergürtel eingeschlossen werden, falls überhaupt ein Einschluss erfolgt (BRAUS, 1898, 1899). Da bei *Polypterus* vor dem diazonalen Flossenast des 4. Spinalnerven noch solche vom 3. und 2. zur Extremität verlaufen, so müssen diese ehemals auch diazonale Nerven gewesen und erst nachträglich in ihre alte metazonale Lage zurückgekehrt sein. Sie sind secundär metazonal und verdanken dies offenbar Einschmelzungen des primären, bei *Polypterus* stark verkleinerten Schultergürtels, auch an dieser Stelle.

Bei den Selachiern liess sich zeigen, dass die Ursache für die Wanderung der Nerven in den Schultergürtel hinein und durch diesen hindurch in Verschiebungen der Flossentheile in caudo-cranialer Richtung, speciell in der Ausbildung des Propterygium und seiner Musculatur zu suchen ist (BRAUS, 1898A). Bei *Polypterus* ist die Wanderung der Nerven nicht in caudo-cranialer, sondern in ventro-dorsaler Richtung erfolgt. Denn auf ventrale s. postaxiale metazonale Nerven folgt der diazonale Nerv, und auf diesen dorsale s. präaxiale Aeste. Hier hat demnach eine Verschiebung des Flossenskelets in ventro-dorsaler Richtung stattgefunden, wie die Nerven anzeigen. Da der postaxiale Rand der Flosse, ebenfalls nach dem Nervenbefund zu urtheilen, der Rumpfwand einstens anlag, so war es der präaxiale Rand, welcher die Bewegung vollführte.

Verständlich wird die Stellungsänderung des Flossenskelets bei *Polypterus* durch die eigenartige biserialer Entfaltung des Skeletes, speciell den functionellen Process, welcher die Marginalia an der Gelenkverbindung mit dem Schultergürtel betheiligte. Zu bedenken ist, dass zu jener Zeit vielleicht ausserhalb der jetzigen Marginalia noch Radien existirten, welche am Schultergürtel befestigt waren (Textfigur 20, b, c, d p. 231). Durch diese Vorgänge bekam das Gelenk einen viel grösseren Umfang und stellte sich in die Richtung ein, welche beim primären Schultergürtel den weitesten Raum gewährt, nämlich in die ventro-dorsale Längsaxe desselben. So, denke ich mir, wurde die Rubestellung der Flosse in der verticalen Ebene fixirt. Diese Stellung blieb bei den folgenden Reductionsprocessen erhalten, auch als die ausserhalb der jetzigen Marginalia liegenden Radien bis auf den jetzt bei *Polypterus* noch erhaltenen, aber ausser Connex mit dem Schultergürtel gerathenen Rest verschwanden, als die Marginalia proximal zusammenrückten, die Cartilago centralis aus der Gelenkverbindung mit dem Schultergürtel verdrängten, und eine distale Verschmälerung der Skeletplatte eintrat, die bei der Differenzirung der Randradien (Marginalia) gegenüber den Endradien betheiligt gewesen sein wird (p. 232).

Wie die Flosse gestanden hat zu der Zeit, als ihre Axe schmaler war und ihre Marginalia noch nicht mit dem Schultergürtel articulirten, ist nach den paläontologischen Befunden nicht mit Sicherheit zu

1) *Chlamydoselachus*, mit welchem POLLARD die Verhältnisse bei *Polypterus* identificiren zu können glaubt, besitzt 5 diazonale Nerven (BRAUS, 1898A, Taf. XVII). Cranial von diesen liegen keine anderen Flossennerven.

entscheiden. Doch werden dieselben Verhältnisse bestanden haben, wie sie für Flossen mit primitivem biserialen Knorpelskelet und deren Vorläufer durch den Vergleich der Dipnoer- und Selachierextremität erschlossen wurden (p. 198, 199). Denn dass das primitive Crossopterygium biserial gebaut war, ist nach den paläontologischen Formen (TRAQUAIR 1876, ZITTEL 1890, GEGENBAUR 1895) und den oben (p. 230) angeführten Befunden von KLAATSCH und mir bei recenten Quastenstören sehr wahrscheinlich.

Die jetzige Stellung der *Polypterus*-Brustflosse stimmt insofern mit der Ruhelage der Brustflosse des *Ceratodus* überein, als bei beiden die dorsale Fläche medialwärts und die ventrale Fläche lateralwärts schaut. Bei beiden ist die Ursache der senkrechten Stellung in der mächtigen Entfaltung des biserialen Flossenskelets zu suchen. Die gleiche Richtung, welche die Drehung einschlug, lässt ähnliche functionelle Aufgaben voraussetzen, welche jetzt noch von beiden Thieren durch die Benutzung der vorderen Extremität zum Schwimmen (Steuerung) erfüllt werden.

Bei Acipenseriden dagegen ist mit der einseitigen Entwicklung des Skelets, bei welchem von der postaxialen Partie nichts erhalten ist, die horizontale Ruhestellung eingehalten, ähnlich wie dies bei den recenten Selachiern der Fall ist (p. 198).

Schwierigkeiten macht die genauere Definition des Zustandes, von welchem das Amiopterygium seinen Ausgang nahm. Die Flosse bei *Amia* steht mit ihrer Fläche senkrecht wie bei *Polypterus*. Die knorpelige Axe, ein primitives Merkmal gegenüber dem beispielsweise bei *Lepidosteus* verknöcherten Stammstrahl, ist ziemlich breit und ursprünglich noch breiter gewesen, weil die freien Ränder der Flosse durch Reductionen und Abspaltungen des präaxialen Randes der knorpeligen Axenplatte frei wurden (p. 218 Anm.).

Sie erinnert also dadurch an Zustände, welche bei *Polypterus* als charakteristisch gelten. Ich habe in Textfigur 20 f (p. 231) die Form des primitiven Amiopterygium auf Grund dieser Befunde dargestellt. Man sieht, dass der Schritt von dem hypothetischen Undinastadium der Crossopterygierflosse (Textfigur 20 c) zu ihm kein grosser ist. Hat die Verschmälerung der postaxialen Seite bei Flossen wie jenem zugenommen und ist an diesem Rande kein prävalirender Strahl zur Entwicklung gekommen, so wäre ein Stadium, wie es in Textfigur 20 f abgebildet ist, erreicht. Diese Entwicklung würde nicht ohne Parallele sein. Denn auch beim Selachopterygium wird die postaxiale Seite zu Gunsten der präaxialen unterdrückt; letztere entfaltet sich hier durch vermehrte Production von Knorpelradien, bei *Amia* dagegen, analog ähnlichen Einrichtungen bei anderen Ganoiden, durch besondere Ausgestaltung des Hautskelets in Form eines kräftigen, vom Propterygium getragenen Randstrahles.

Sollte sich das Knorpelchen x als das Rudiment eines postaxialen Seitenstrahles erweisen lassen, so würde diese Vermuthung an Sicherheit gewinnen. Doch lässt sich darüber zur Zeit nichts aussagen (p. 227). Ich wollte immerhin auf diese Aehnlichkeit des Amio- und Crossopterygium aufmerksam machen, um weitere Untersuchungen auf diese Punkte zu lenken.

Eine besonders hervorspringende Eigenschaft der Musculatur bei *Polypterus* ist die Entwicklung einer Reihe ganz oder fast ganz selbständiger Muskelindividuen. Ich unterschied in Anlehnung an die von POLLARD (1892) eingeführten Bezeichnungen einen *Musc. levator* und *retractor* auf der medio-dorsalen und einen *M. protractor* und *depressor* auf der latero-ventralen Flossenfläche. Diese Muskeln sind Differenzirungen einzelner Theile der Hauptmuskeln, indem entweder *Mm. zono-ptyrgiales* oder auch solche im Verein mit tiefer liegenden Fasern an bestimmten, mechanisch bevorzugten Stellen, also besonders an den Rändern des Flossenskelets, wucherten und separate Muskelbäuche bildeten.

Es entsteht in diesen Muskelindividuen qualitativ nichts Neues. Denn die Bewegung greift nach wie vor am ganzen distalen Flossenrand am äusseren Skelet, den Knochenstrahlen, an, da an ihnen

die Mehrzahl der Muskeln befestigt ist. Die Insertion der separaten Muskelindividuen an den Marginalia (*M. levator*, *depressor*, *retractor*) ist eine besondere Fortbildung des bei allen anderen Ganoiden und allen Selachiern vorkommenden Zustandes, dass an den seitlichen Rändern des Flossenskelets Muskelfasern zur Insertion gelangen. Dieselbe Beschränkung auf die Ränder der Flosse wie bei jenen ist aber auch bei *Polypterus* vorhanden.

Etwas Neues wäre es, wenn in der That, wie KLAATSCH glaubt, eine Wirkung der Musculatur auf die *Cartilago centralis* vermittelt der Zwischensehnen möglich wäre, welche in beiden Hauptmuskeln vorhanden sind. Diese dienen aber lediglich zur Vergrößerung der Ursprungsfläche der am Schultergürtel entspringenden Muskelfasern. Die Fortsetzung der *Inscriptio* in einen kleinen Theil des *M. protractor* kommt hierbei kaum in Betracht (p. 211, 212).

Ebensowenig wie hier eine mittelbare Insertion an der Fläche der *Cartilago centralis* besteht, kommt eine unmittelbare an den distalen Radien des inneren Skelets vor. KLAATSCH glaubt bei diesen *Mm. interossei* gefunden zu haben, also solche Muskelfasern, welche an den Radien Ursprung und Insertion finden. In Wirklichkeit inseriren aber alle an den distalen Radien des inneren Skelets entspringenden Muskelfasern an den Knochenstrahlen des Hautskelets (*Mm. pterygo-keratoidei*).

Diese Verhältnisse sind deshalb besonders wichtig, weil mit der Anlage neuer Insertionspunkte am Skelet in der That Verhältnisse geschaffen wären, welche bei der pentadactylen Extremität in besonderer Ausbildung getroffen werden. Denn bei dieser beruht das mechanische Princip der Muskelwirkung wesentlich darin, den einzelnen Quergliedern des inneren Skelets möglichst vielseitige Winkelstellungen zu einander zu ermöglichen (Hebelsystem, GEGENBAUR, 1876, 1898). Bei Polypterinen jedoch dient das Knorpelskelet der Flosse ebenso wie bei allen anderen Ganoiden und Selachiern als ein einarmiger Hebel, welcher nur in einem Gelenk, dem Schultergelenk, bewegt wird. Die Bewegungen in der Flosse selbst beruhen auf Bewegungen des äusseren Flossenskelets (Knochenstrahlen) gegen das innere, welche bei den Tetrapoden wegen des Mangels solcher nicht in Betracht kommen, und laufen auf Biegungen und unbedeutende Knickungen hinaus, welche durch Verkürzung der einen Flossenfläche gegenüber der anderen seitens der ebenfalls am äusseren Skelet der Flosse inserirenden Muskelfasern bedingt werden. Solche fehlen aber der pentadactylen Extremität völlig.

Bei Amiaden ist in der Musculatur eine weitere Aehnlichkeit mit den Polypterinen gegeben, da auch bei ihnen Muskelindividuen, wenigstens auf der dorso-medialen Seite, selbständig geworden sind. Dieselben sind jedoch mit denjenigen bei *Polypterus* nicht direct vergleichbar, schliessen sich vielmehr theils an Einrichtungen an, die bei der dorsalen Musculatur der Squaliden-Brustflosse bestehen, theils an solche, welche sich bei Acipenseriden finden.

δ) Schlussworte zu diesem Capitel.

Die Entwicklungsstufe der Brustflosse bei den untersuchten Ganoiden ist insofern eine ähnliche, als überall das innere Flossenskelet als einarmiger Hebel benutzt wird, in sich selbst aber keine neuen Bewegungsmöglichkeiten in proximo-distaler Richtung durch besondere Muskeldifferenzirungen erhalten hat. Die Anordnung der Musculatur ist der Hauptsache nach dieselbe wie bei Selachiern. Sie setzt sich zusammen aus denselben drei Kategorien von Muskelfasern wie bei diesen. Von den bei *Ceratodus* vorhandenen, lediglich am distalen Theile des Flossenskelets angehefteten Muskeln (*Inscriptiones* und *Mm. pterygiales proprii*) ist nichts vorhanden.

Innerhalb dieses Rahmens divergiren jedoch die Flossen der einzelnen Ganoiden beträchtlich. Eine doppelseitige Entfaltung des basalen Flossenskelets in senkrechter Ruhelage hat bei den recenten *Crossopterygiern*, in Wechselwirkung mit entsprechenden Muskelveränderungen, mehrere selbständige Muskelindividuen entstehen lassen.

Bei *Amiaden* ist die doppelseitige basale Entfaltung des Skelets zum Stillstand gekommen, die postaxiale Seite bis auf Spuren verloren gegangen und unter Beibehaltung der senkrechten Ruhelage eine Uebergangsform ausgebildet worden, welche auf eine Winkelbewegung zwischen Abkömmlingen des inneren und äusseren Skelets abzielt. Dieser Uebergang äussert sich in der Ueberwanderung der Ursprünge der Musculatur vom freien Flossenskelet auf den Schultergürtel. Bei manchen *Teleostiern* ist der Endzustand erreicht, da bei ihnen alle Muskelursprünge auf dem, zu einer Einheit verschmolzenen primären Gliedmaassenskelet vereinigt sind, und der einarmige Hebel der freien Gliedmaasse, welchen diese Muskeln bewegen, nur noch aus Abkömmlingen des Hautskelets besteht.

Bei *Acipenseriden* muss ein Verlust des postaxialen Theiles des Flossenskelets, für dessen ehemaliges Vorhandensein der noch spurweise erhaltene, entsprechende Nervenplexus zeugt, eingetreten sein, ehe die doppelseitige Verbreiterung der Flossenbasis eintrat, die bei *Polypterinen* (und *Amiaden*) zur senkrechten Ruhelage führte. Aus der einseitigen Entfaltung¹⁾ des präaxialen Abschnittes des Flossenskelets bei den *Acipenseriden* resultirte eine wagerechte Ruhelage der Extremität.

Selachier und *Ganoiden* stehen bezüglich ihrer Brustflossenmusculatur und -innervation so zu einander, dass bei letzteren überall die Grundeinrichtungen ersterer erkennbar sind.

Bei *Acipenseriden* ist im Wesentlichen nur eine Reduction der drei Muskelkategorien der Haie erfolgt, dafür aber eine besondere Entfaltung der Randstrahlmusculatur eingetreten. Bei *Amiaden* ist in letzterer Beziehung derselbe Weg eingeschlagen, in ersterer jedoch keine Rückbildung, sondern eine Fortentwicklung vor sich gegangen, welche zu den *Teleostiern* führt. Der Ausgangszustand bei *Amia* ist deutlicher als ein den *Squaliden* ähnlicher zu erkennen, als bei *Acipenseriden*, wo die Rückbildung in dieser Hinsicht die alten Verhältnisse verwischt hat.

Bei *Polypterus* ist keine Randstrahlmusculatur, dafür aber eine ganz eigenartige Entwicklung der den *Ganoiden* und *Selachiern* gemeinsamen Hauptmuskeln zu Stande gekommen, welche im Princip der Isolirung selbständiger Muskelindividuen den bei *Amiaden* und *Knochenfischen* auf der einen und bei *Pentadactyliern* in höchstem Maasse auf der anderen Seite herrschenden Verhältnissen analog ist. *Polypterus* steht also von *Acipenser* weit mehr entfernt als *Amia* (vergl. Tabelle am Ende dieser Abhandlung).

B. Beckenflosse der Ganoiden.

I. *Acipenseriden*.

a) Myologie.

Die Musculatur der Bauchflosse ist von v. DAVIDOFF (1879) genau beschrieben worden. Ich gebe im Folgenden eine kurze Zusammenstellung der Resultate seiner Darstellung und verweile nur länger bei solchen Punkten, welche ich derselben auf Grund meiner Untersuchungen hinzufügen möchte, weil sie mir wichtig erscheinen.

1) Dass es sich hier um einen progressiven Vorgang handelt, bestätigt auch die Entwicklungsgeschichte. MOLLIER (1897) zeigte, ohne dieses besonders hervorzuheben, dass das Basale *metapterygii* anfangs nur einen Strahl trägt (p. 25), in späteren Stadien aber noch einen zweiten an seinem distalen Ende producirt (p. 28). Der ausgebildete Stör hat zwei Radien zur Seite des *Metapterygium* (GEGENBAUR, 1865, Taf. VIII, Fig. 2). Es findet also von der Flossenaxe aus eine Neuproduction von Radien statt, welche, lange fortgesetzt, die präaxiale Entfaltung der Flosse veranlasst.

Die Basalplatte¹⁾ der Beckenflosse ist in die Rumpfmusculatur tief eingebettet, so dass nur die ventrale Spitze wie ein Knopf oberflächlich zu Tage tritt. Da, wo ausser der Basalplatte auch freie Radian in ventrale Fortsätze ausgezogen sind, wie bei *Polyodon* (Taf. XXVIII, Fig. 1), sind auch die Enden dieser oberflächlich sichtbar. Im Uebrigen heftet sich die Rumpfmusculatur überall an die Oberfläche der Basalplatte an, indem die vor der Bauchflosse liegenden Bauchmuskeln an ihr inseriren und die hinter ihr beginnenden von ihr entspringen. Die innere (abdominale) Fläche der Basalplatte dient auch zum grossen Theil zum Ansatz von Rumpfmuskelfasern. Die Insertionen präpelvicaler Bauchmuskeln nehmen den vorderen Rand des ventralen Fortsatzes der Basalplatte ein (bis zur punktirten Linie Taf. XXVIII, Fig. 2 A, 3) und erstrecken sich auf den dorsalen Fortsatz. Hier besetzen sie bei *Acipenser stellatus* den vorderen Rand und einen kleinen zipfelförmigen Theil der caudalwärts verlaufenden Spange (Fig. 2 A); bei *Scaphirhynchus* erstrecken sich die Insertionen jedoch fast über den ganzen dorsalen Fortsatz der Basalplatte, so dass nur eine schmale sichelförmige Stelle am caudalen Rande frei bleibt, und nehmen die ganze, freilich hier weniger stark als bei *Acipenser* entwickelte Spange ein (Fig. 3, Sp). Bei *Polyodon* sind sämmtliche²⁾ dorsale Fortsätze des Basalstückes und der freien Radian mit Muskelansätzen bedeckt, soweit sie nicht mit Flossenmuskeln selbst besetzt sind (Fig. 1, die herausragenden Enden). Der ventrale Fortsatz verhält sich wie bei den vorigen. Die Ursprünge postpelvicaler Bauchmuskeln befinden sich bei allen Acipenseriden am caudalen Rande der Basalplatte auf deren ventralem Fortsatz. Sie erstrecken sich von hier mehr oder weniger weit caudalwärts. Bei *Acipenser stellatus* sah ich sie bis hinter Nerv 33, also fast bis zum Ende der Basalplatte reichen (Fig. 2 A), bei *Scaphirhynchus* auch noch auf die vordersten beiden freien Radian (Fig. 3). Ganz ähnlich verhalten sie sich am dorsalen Fortsatze bei *Scaphirhynchus*, bei welchem auch eine Fortsetzung caudalwärts auf das Spangengstück gerade so weit wie am ventralen Rande der Basalplatte und der freieren Radian statthat (Fig. 3). Bei *Acipenser* und *Polyodon* fehlen diese dorsalen Ursprünge. Ein Uebergang der Rumpfmusculatur in die Flossenmuskeln kommt nirgends vor.

Es wird also die Basalplatte mit ihren Fortsätzen und die freien Radian sowie deren Fortsätze, soweit welche existiren, von der Rumpfmusculatur in ganz gleicher Weise zur Anheftung in Anspruch genommen. Der Unterschied zwischen den Anheftungsstellen an den Skelettheilen besteht nur in der graduellen Abnahme, welche in cranio-caudaler Richtung stattfindet und welche eine nothwendige Folge der in dieser Richtung erfolgenden Ablösung der Flosse vom Rumpfe ist. Dabei wird aber nicht etwa die Grenze zwischen der Basalplatte und den freien Radian von den Insertionen und Ursprüngen der Rumpfmusculatur irgendwie respectirt, wie dies bei den Selachiern und Dipnoern an der Grenze zwischen Becken und freier Gliedmaasse der Fall ist. Denn dort bleiben die Befestigungen der Rumpfmusculatur stets auf das Becken beschränkt³⁾.

Die Flossenmusculatur besitzt einen dorsalen und ventralen Hauptmuskel. Beide bestehen lediglich aus Mm. trunco- und pterygo-keratoidei⁴⁾. v. DAVIDOFF wies schon ausdrücklich darauf hin, dass die Kategorie der zono-ptyrgialen (resp. trunco-ptyrgialen) Fasern völlig fehlt. Ebenso fehlt jegliche Spur von anderweitigen Insertionen am inneren Skelet.

Der Ursprung der Mm. trunco-keratoidei erfolgt beim dorsalen Hauptmuskel oberhalb des dorsalen Knorpelfortsatzes der Basalplatte und seiner Spange und setzt sich ungefähr in der gleichen Höhe längs

1) In der Nomenklatur folge ich v. RAUTENFELD (1882) und GEGENBAUR (1898).

2) v. DAVIDOFF fand den letzten frei von Insertionen.

3) Ausnahmen bilden nur Muskelfasern wie beispielsweise bei Rochen, welche sich aber nur der Flossenmusculatur auflagern (Textfigur 8, p. 176). Sie haben offenbar mit den Einrichtungen bei Ganoiden nichts gemein.

4) Die Berechtigung dieser Bezeichnung und die Vermeidung des Ausdruckes Mm. zono-keratoidei werde ich im zusammenfassenden Theile nachweisen. Vergl. auch p. 202 Anm. 2.

der Rumpfwand in der ganzen Länge der Flossenbasis caudalwärts fort (Taf. XXVIII, Fig. 1, 2 A, 3). Es folgt unter diesen oberflächlichen Fasern eine gemischte Zone, in welcher viele Muskelfasern von der Aussenfläche des dorsalen Fortsatzes der Basalplatte und dessen Spange entspringen (*Acipenser*, *Scaphirhynchus*) oder von den zahlreichen dorsalen Fortsätzen, welche *Polyodon* besitzt. Bei letzterem finde ich die Ursprünge längs der ganzen Aussenfläche der Fortsätze, speciell auch an den dorsalen Enden (Fig. 1), während sie v. DAVIDOFF nur an den basalen Theilen finden konnte.

Eine andere Gruppe von Muskelfasern der Uebergangszone entspringt wie die oberflächlichen Mm. trunco-keratoidei von der Rumpfmusculatur. Letztere ist von einer derben Fascie bedeckt, welche sich zwischen der Basalplatte und ihrem dorsalen Fortsatz oder, bei *Polyodon*, zwischen den zahlreichen Fortsätzen und ihren Basaltheilen ausspannt und überall am Knorpel Befestigung gefunden hat. Löst man die Bauchflosse sorgfältig von der Rumpfwand ab und präparirt diese Fascie weg, so werden die Ursprünge der Flossenmusculatur zwischen Spangengstück und Basalplatte durchschnitten, und die Stümpfe liegen oberflächlich zu Tage (Fig. 2 A).

Die unterste Schicht besteht lediglich aus Mm. pterygo-keratoidei. Die Ursprünge derselben nehmen die Basalplatte und die Basalglieder der freien Radien ein (Taf. XXIX, Fig. 2, 3, 4 vergl. Technik p. 160). v. DAVIDOFF glaubte, dieselben seien bei allen Knorpelganoiden auf diese Theile des Skelets beschränkt. Es dehnen sich jedoch die Ursprünge bei *Polyodon* auf die hier verknöcherten Radien der Basalplatte und in gleicher Weise auf die Endstücke der freien Radien aus. Da letztere nur zum Theil verknöchert sind, die Ursprünge aber auch an den beiden distalen knorpeligen Radienendgliedern bestehen, ist die Verknöcherung unabhängig von der Ausdehnung der Ursprünge entstanden. Letztere ist bei der Brustflosse der Ganoiden allgemein vorhanden (p. 203, 209, 218).

Im ventralen Hauptmuskel ist die Anordnung der Mm. trunco-keratoidei und Mm. pterygo-keratoidei die gleiche wie bei der dorsalen Musculatur. Nur ist die Menge der ersteren Kategorie eine geringere. Bei *Acipenser* entspringen sogar alle Muskelfasern von der Basalplatte, bei welcher nur das ventrale Ende frei von Ursprüngen ist, und von den Basalgliedern der freien Radien (Taf. XXVIII, Fig. 4 B, und Taf. XXIX, Fig. 2). Bei *Scaphirhynchus* und *Polyodon* sind vereinzelte Fasern hinter und zwischen den ventralen Fortsätzen des Knorpels mit ihren Ursprüngen an die Rumpffascie angeheftet.

Diese Befunde lassen sich in eine continuirliche Reihe bringen. Der einfachste Zustand ist der, bei welchem nur Mm. pterygo-keratoidei bestehen. Daran schliessen sich solche an, wo einzelne Fasern hinzukommen, welche von der Rumpfwand entspringen. Mit deren Ausbildung hängt offenbar die Entwicklung der Fortsätze (dorsale und ventrale) des Knorpelskelets zusammen, da in derselben Schicht von Muskelfasern die einem am Rumpfe, die anderen, nahe benachbarten an diesen Fortsätzen oder dem Spangengstück des Fortsatzes angeheftet sind. Schliesslich besteht der complicirteste Zustand darin, dass neben den Mm. pterygo-keratoidei eine dichte Schicht oberflächlicher Mm. trunco-keratoidei besteht, welche so kräftig wie die andere entwickelt ist.

Es wird von der Beurtheilung des Entwicklungsganges der Ganoidenbauchflosse überhaupt abhängen, ob man diese Reihe als eine progressive oder regressiv auffasst (s. p. 253).

Die ganzen Hauptmuskeln der *Acipenseriden*-Beckenflosse zerfallen in sehr deutliche Mm. radiales. Dieselben setzen sich aus allen innerhalb ihrer Grenzen befindlichen Muskelkategorien zusammen, bestehen also bald aus Mm. trunco- und pterygo-keratoidei, bald nur aus letzteren. Im ersteren Falle sind die Fasern durch eine Zwischensehne vereinigt und mittelst dieser an den Strahlen des äusseren Skelets befestigt (Taf. XXIX, Fig. 5). Die Mm. radiales besitzen, wie v. DAVIDOFF nachwies, directe Beziehungen zu den Radien des inneren Skelets. Ihre Zahl und Lage stimmt genau, wie auch ich finde, mit derjenigen der letzteren überein (Taf. XXIX).

Besonders wichtig ist die Beziehung der Mm. radiales zu den Nervenlöchern des Skelets. Ueber das Vorkommen und die Zahl der letzteren wird unten im neurologischen Abschnitt zu berichten sein. Am deutlichsten ist bei *Polyodon* (Taf. XXIX, Fig. 4) an der dort vorhandenen grossen Zahl von Nervenlöchern zu erkennen, dass die Grenzen zwischen den Mm. radiales in den meisten Fällen gerade auf die Nervenlöcher fallen. Wenn eine Abweichung von dieser Regel vorkommt, wie beispielsweise bei dem zum 21. oder dem zum 25. + 26. Spinalnerven der Flosse von *Polyodon* gehörenden Nervenloch oder einem im cranialen Theile der Flosse von *Scaphirhynchus* befindlichen, so ist dieselbe doch sehr gering, und die Zwischenmuskelgrenze zieht ganz dicht neben dem Loch vorbei. Solche Ausnahmen sind zudem selten.

β) Neurologie.

Die Innervation der Beckenflosse geschieht bei den einzelnen Acipenseriden durch sehr verschiedene seriale Spinalnerven. Aehnlich sind in dieser Richtung *Polyodon folium* und *Scaphirhynchus kaufmanni* mit einander. Beim ersteren reicht die Innervationszone vom 16.—26., beim letzteren¹⁾ vom 15.—27. Spinalnerven. Bei *Acipenser stellatus*¹⁾ ist dagegen der 25.—38. Spinalnerv mit senso-motorischen und der 39. noch mit sensiblen Aesten an der Versorgung der hinteren Extremität betheiltigt.

Polyodon und *Scaphirhynchus* haben so weit nach vorn reichende Nervenbezirke wie kein recenter Selachier, Holocephale oder Dipnoer. Vergleicht man den 1. pelyco-ptyerygialen Nerven (15. resp. 16.) der beiden Knorpelganoiden mit den Extremitätennerven jener Paläichthyer, so zeigt sich, dass er bei letzteren in vielen Fällen (ganz abgesehen von den Rochen) die Brustflosse versorgt (BRAUS, 1898A, Taf. XVII).

Es ist danach schon unwahrscheinlich, dass diese weit cranialwärts vorgeschobene Lage der Flosse dieser beiden Acipenseriden etwas Primitives sein könnte. Denn der ganze Körperbau und speciell auch die Structur und seriale Stellung der vorderen Extremität weist den Stören eine höhere Stellung als den Squaliden, Holocephalen und Dipnoern an.

Die Bauchflossen der Knorpelganoiden besitzen auch selbst verschiedene Merkmale, welche jene Stellung als neu erworben erkennen lassen. Sie legen Zeugniß ab für eine cranialwärts gerichtete Wanderung, welche die hintere Extremität vollzogen hat.

Es findet sich nämlich bei *Polyodon* unter den hintersten Flossennerven (25. + 26. Nerv) ein Plexus pelyco-ptyerygialis posterior (Taf. XXVIII, Fig. 1), welcher am 26. Spinalnerven in ziemlich beträchtlicher Entfernung hinter der Anheftungsstelle der Bauchflosse an der Rumpfwand beginnt und cranialwärts zieht, um sein Endgebiet zu erreichen. Ein solcher Plexus kommt selbst bei *Acipenser stellatus* vor, obwohl die Flosse viel weiter hinten steht als bei *Polyodon* (Taf. XXVIII, Fig. 2B, Nerv 37 und 38). Freilich ist der Plexus anterior, dieser Stellung entsprechend, bei *Acipenser* beträchtlich umfangreicher als bei *Polyodon*. Aber auch am Vorderrande der Flosse zeigt sich, dass die Epoche, in welcher er entstand, verschwunden und einer neuen Platz gemacht hat. Denn die Nerven der Bauchmuskulatur von *Acipenser* bilden cranialwärts von der Basalplatte der Bauchflosse ein Nervengeflecht, welches unter dem Plexus pelyco-ptyerygialis

1) v. DAVIDOFF hat *Acipenser ruthenus* und *Scaphirhynchus cataphractus* untersucht. Er giebt für *Scaphirhynchus cataphractus* den 17.—27. Nerven an. Bei *Acipenser ruthenus* findet er Flossenäste vom 19.—31. Spinalnerven. Doch ist nicht angegeben, ob bei der Zählung die occipito-spinalen Nerven mitberücksichtigt sind. Sollten bei *Acipenser* die 6 letzteren nicht mitgezählt, also nur die reinen Spinalnerven des ausgebildeten Sterlet vom Autor in Betracht gezogen sein, so würde das Resultat (25.—37. Nerv) ziemlich gut mit meinem Befund bei *A. stellatus* stimmen. Allerdings wäre dann, dieselbe Zählungsweise bei *Scaphirhynchus* vorausgesetzt, ein Unterschied von etwa 3 Metameren (der Zahl der occipito-spinalen Nerven bei diesem) zwischen v. DAVIDOFF's und meinen Befunden bei verschiedenen *Scaphirhynchi* vorhanden. Ich wage nicht, diesen Unterschieden Gewicht beizulegen, ohne genaue Nachuntersuchung der betreffenden Species. Es dürfte aber eine solche Aussicht haben, Zwischenstadien zwischen den weit von einander getrennten Stellungen der Flossen bei *Acipenser*- und *Scaphirhynchus*-Arten zu finden.

anterior her nach der Linea alba des Bauches hin zieht (Fig. 2 B, Nerv 33 und 34). Es ist das ein Verhalten, welches an *Chimaera* erinnert, wo ebenfalls die Endäste der Rr. ventrales vor der Beckenflosse zusammengedrängt sind (BRAUS, 1898 A, Taf. X, Fig. 4). Auch dort sind sonstige Merkmale dafür vorhanden, dass die Extremität in cranialwärts gerichteter Wanderung begriffen ist. Auf diese Weise erklärt sich die Einengung des präzonalen Gebietes und die Vereinigung der zu ihm gehörenden Nerven zu einheitlichen Stämmchen.

Wenn aber die *Acipenser*-Flosse in Vorwanderung begriffen ist, so ist dies um so mehr für *Polyodon* und *Scaphirhynchus* glaubhaft.

Die Knorpelganoiden schliessen sich also an die Squaliden an, bei welchen auch schon die hintere Extremität hier und da beginnt, retrograd cranialwärts zu wandern. *Acipenser* steht mit dem Vorderrande seines Innervationsbezirkes noch auf derselben Stufe wie etwa *Acanthias* (vergl. Taf. XXIX, Fig. 1 und 2); der Hinterrand ist aber schon beträchtlich verändert. Auch bei der Brustflosse war die seriale Stellung bei *Acipenser stellatus* eine der ursprünglichsten unter den Knorpelganoiden. Dass *Polyodon*, dessen Brustflosse mit derjenigen von *Acipenser stellatus* bezüglich der serialen Stellung ungefähr gleich ausgebildet ist, eine stärker veränderte Position der Bauchflosse hat als der Sternhausen, kann nicht Wunder nehmen, da die Wanderung beider Flossen vielfach unabhängig von einander erfolgt.

Der Factor, welcher jedenfalls einen grossen Einfluss auf die Vorwanderung der hinteren Extremität ausübt, ist die Verkürzung der Leibeshöhle, welche GEGENBAUR (1868) durch Untersuchung der Wirbelveränderung in der Uebergangszone zwischen Rumpf- und Schwanzwirbelsäule bei Ganoiden nachgewiesen hat. Auffallend ist dabei die oft von der Stellung der Cloake ziemlich unabhängige Lage der Flosse, welche jedenfalls mit dem Verlust des Mixipterygium erworben wurde und schnelleres Vorrücken der Flosse erlaubt, als die Verkürzung der Leibeshöhle erfolgt.

Die Flossennerven der hinteren Extremität besitzen proximale und distale Plexusbildungen, welche v. DAVIDOFF beschrieb, und theilen sich, wie derselbe Autor angiebt, sämtlich in einen R. dorsalis und ventralis für je den dorsalen und ventralen Hauptmuskel. In diesen Punkten herrscht also eine allgemeine Uebereinstimmung mit den Einrichtungen bei der Brustflosse der Knorpelganoiden und den Beckenflossen der Selachier und Dipnoer.

Im Speciellen finde ich aber erhebliche Unterschiede. Der Plexus proximalis ist in viel innigerem Verband mit dem Plexus distalis als bei den meisten anderen Flossen. Die Theilung der Flossennerven in Rr. ventrales und dorsales findet häufig schon innerhalb der Bauchhöhle oder innerhalb der Bauchmuskulatur statt. Die letzteren verbinden sich, ehe sie an die Oberfläche der Rumpfmuskulatur gelangen, in der mannigfaltigsten Weise, so dass an den Rand der Basalplatte keine haploneuren Nervenstämme, sondern polyneure Aeste herantreten. Man sieht solche frühen Theilungen und Verbindungen besonders deutlich bei *Acipenser stellatus* (Nerv 33, 34, 35 u. a., Taf. XXVIII, Fig. 2 B), und *Polyodon folium* (Fig. 1). Häufig sind die Verbindungen so enge Verflechtungen der einzelnen Nervenfasern, dass es nicht gelang, die einzelnen serialen Bestandtheile präparatorisch zu isoliren. In Taf. XXIX sind solche Nerven mit mehreren Ziffern bezeichnet, und daran die Häufigkeit derselben bei den verschiedenen Knorpelganoiden zu erkennen. Bei den vorderen Extremitäten der Ganoiden kommen wohl manchmal frühe Vereinigungen der Flossennerven zu Geflechten vor (vergl. *Amia* Taf. XXVI, Fig. 4 A). Doch liegen dieselben stets ausserhalb der Bauchwand.

Das Verhalten der Beckenflossennerven ist so zu charakterisiren, dass ein Theil der distalen Plexusverbindungen proximalwärts verschoben, auf diese Weise allmählich in die Bauchwand und in die Bauchhöhle gelangt ist und jetzt dieselbe Lage wie die proximalen Plexus einnimmt.

Am deutlichsten ist die proximale Verschiebung an demjenigen Theile des distalen Plexus zu erkennen, welcher noch auf dem Skelet der freien Flosse liegt. Während derselbe bei der Beckenflosse von *Acanthias* dem proximalen Theile der Radien und nur zu einem ganz geringen Theil dem distalen Rande des Metapterygium angeschmiegt ist (Fig. 1, Taf. XXIX), liegt derselbe bei allen Knorpelganoiden complet auf der Basalplatte und den Basalstücken der freien Radien (Taf. XXIX, Fig. 2, 3, 4). Auf den Radien selbst sind hier nur die Endäste vorhanden, welche aus dem Geflecht hervorgehen und, unter häufigen Anastomosirungen, theils in die Musculatur hinein-, theils zur Haut treten.

Die Verschiebung des distalen Plexus in proximaler Richtung besorgten Lageveränderungen des Flossenskelets, welche gleichfalls in dieser Richtung erfolgten und die Nerven mit sich nahmen. Dieselben documentiren sich an den Nervenkanälen, die sich auch bei den Ganoidenbauchflossen als vorzügliche Marken für die Stellung der Skelettheile bewähren.

Nervenkanäle.

Die Nervenlöcher kommen in verschiedener Zahl und Lage vor. Bei *Acipenser stellatus* giebt es eines, wie auch THACHER (1877 B) bei *A. brevirostris* und v. DAVIDOFF (1879) bei *A. sturio* und *ruthenus* fanden. Doch theilt sich dasselbe innerhalb des Knorpels in 2 Kanälchen, in ein ziemlich weites und ein sehr feines. Während nach v. DAVIDOFF beim Sterlet der ganze ventrale Ast des Plexus pelycopterygialis anterior durch den Nervenkanal hindurchtritt, benutzt beim Sternhausen nur der ventrale Ast des 30. und 31. Nerven die beiden Kanäle. Die vorangehenden Nerven (25.—29) verlaufen an die craniale Kante der Basalplatte und treten von dort her auf den Knorpel, die folgenden (32. u. s. w.) erreichen denselben von der medialen Kante her (Taf. XXIX, Fig. 2). Die hintersten treten an die mediale Kante der freien Radien. Bei der Theilung des Nervenloches in die beiden Kanälchen theilt sich auch der Inhalt so, dass beide Kanälchen von Theilen beider Nerven in Anspruch genommen werden.

Bei *Scaphirhynchus* (*Sc. cataphractus* und *Sc. Fedtschenkoi*) haben v. DAVIDOFF (1879) und v. RAUTENFELD (1882) einen Nervenkanal gefunden. Ich sehe bei meinen Exemplaren von *Sc. Kaufmanni* deren zwei. Der vordere, weitere beherbergt hier den ventralen Ast des Plexus (Nerv 15—21), der hintere, feinere ein von ventralen Aesten des 21., 22. und 23. Spinalnerven gebildetes Stämmchen (Fig. 3). Ein anderer Ast des 23. Nerven und die folgenden ventralen Flossenäste verlaufen frei an die mediale Kante der Basalplatte und freien Radien.

Bei *Polyodon folium* haben v. DAVIDOFF und v. RAUTENFELD in der Basalplatte ein bis zwei Löcher gefunden. Ausserdem sah v. DAVIDOFF noch im Basalstück des ersten freien Radius einen Kanal, v. RAUTENFELD im letzten Basalstück der freien Radien einen und WIEDERSHEIM (1892, p. 63) im 4. und 5. Basalstück je einen Kanal. Es sind also im Ganzen sechs Kanäle von den verschiedenen Autoren gesehen worden. Allerdings sah keiner dieselben bei einem Thier, und es bleibt daher fraglich, ob jeder Untersucher andere als die übrigen Autoren sah.

Bei meinem Exemplar finde ich sieben Kanäle. Von diesen durchbohren sechs die Hauptbasalplatte (I). Der siebente liegt in dem letzten Basalstück der freien Radien (VI Taf. XXIX, Fig. 4). Die Nerven, welche durch die Kanäle verlaufen, sind sämtlich ventrale Aeste der Flossennerven. Dieselben sind in der Figur mit der serialen Ziffer der in ihnen vorhandenen Spinalnervenfasern bezeichnet, so dass ich bezüglich der Einschlüsse auf die Abbildung verweisen kann.

Ausser diesen Nervenästen verlaufen aber noch andere durch das Skelet hindurch zum ventralen Hauptmuskel. Dieselben benutzen, ähnlich wie auch einige Kanälchen in der Hauptplatte selbst den Spalten in dieser folgen, so ihrerseits die Lücken zwischen der Hauptbasalplatte und dem ersten freien Radius,

sowie zwischen diesem und der nächstfolgenden Basalplatte freier Radien. Ich finde einen Ast zwischen Knorpel *I* und *II* und einen zwischen Knorpel *II* und *III* eingeklemmt (Fig. 4). Es wird dadurch die Zahl der durch das Skelet hindurchtretenden Nervenstämmchen auf neun erhöht.

Das Zustandekommen der Nervenkanäle ist bei *Polyodon* am leichtesten zu erkennen. Dieselben unterscheiden sich in fundamentaler Weise von den Nervenkanälen im Becken der Selachier. Einmal sind die Einschlüsse derselben, die Flossennerven, welche durch den Knorpel hindurchtreten, ganz regellos bei *Polyodon* mit solchen gemischt, welche um den Knorpel herumlaufen (freie Nerven), um zum Senkmuskel der Flosse zu gelangen. So haben die Nerven 16—22 sämtlich Aestchen, welche durch den Knorpel ziehen. Ausserdem haben von diesen Nerven noch der 16.—18. und der 22. freie Aestchen. Bei Nerv 23 und 24 liegen sämtliche Flossenäste ausserhalb des Knorpels. Bei Nerv 25 und 26 treten neben solchen wieder andere auf, welche Knorpelpforten benutzen (Taf. XXVIII, Fig. 1).

Es müssen also ganz andere Ursachen beim Entstehen der Kanäle gewirkt haben als bei dem Selachierbecken, bei welchem die cranio-caudale oder caudo-craniale Verschiebung der Flosse und ihrer Theile eine regelmässige Folge von pro-, dia- und metazonalen Nerven bedingt. Es kommt dort nicht vor, dass auf metazonale Aeste diazonale und dann wieder metazonale folgen. Auch bei der Brustflosse ist dies nie der Fall. Die einzige Ausnahme bildet hier die Brustflosse eines Ganoiden (*Polypterus*), bei welcher ebenfalls besondere Verhältnisse vorliegen (p. 233).

Ferner unterscheidet sich die Lage der Nervenlöcher von derjenigen beim Selachierbecken dadurch, dass manche von ihnen bei *Polyodon* nicht im Knorpel, sondern zwischen den Knorpeln liegen. Bei Selachiern kommen dieselben nur im Beckenknorpel selbst, nie zwischen ihm und dem Metapterygium oder Radien des Pro- oder Metapterygium vor. Die Beziehungen der Knorpelkanäle zu den Knorpelgrenzen ist das durchgreifendste Merkmal der *Polyodon*-Bauchflosse. Denn es lässt sich selbst bei solchen Nerven nachweisen, welche durch die Knorpelplatte selbst hindurchtreten und anscheinend nichts mit den Spalten zu thun haben.

So muss es z. B. auffallen, dass die beiden von Nervenästen des 16.—19. Spinalnerven benutzten Kanälchen genau in der Richtung zweier Spalten liegen, welche vom distalen Rande der Knorpelplatte in diese einschneiden, aber eine kurze Strecke vor ihnen Halt machen. Würde man sich die proximalere der beiden Spalten (die erste vom cranialen Rande aus gerechnet) so weit fortgesetzt denken, wie etwa die 4. Spalte, so würde zweifellos der Kanal in dieselbe fallen (Taf. XXIX, Fig. 4).

Bei den übrigen Kanälen ist entweder die Entfernung vom proximalen Ende der Spalten zu gross, als dass eine genaue Lagebeziehung erkannt werden könnte, oder es findet in der That eine geringe seitliche Abweichung von dem Spalt statt, wie z. B. bei dem am caudalen Rande der Hauptbasalplatte liegenden, von einem Aestchen des 21. Spinalnerven benutzten Kanal. In diesen Fällen sind Grenzen zwischen den Mm. radiales von Wichtigkeit. Wie oben bereits beschrieben wurde (p. 238, 239), folgen dieselben im distalen Gebiete genau den Grenzen der Radien. Proximalwärts fallen sie in der Regel mit den Spalten zusammen, soweit solche vorhanden sind, und weiterhin mit den Nervenkanälen im Knorpel.

Hinweis auf die Bedeutung der neurologischen Einrichtungen für die Auffassung des inneren Skelets der Flosse.

Eine solche Coincidenz der Grenzen zwischen den Knorpelstücken mit (den Grenzen der Muskeln und) den Nervenlöchern ist leicht verständlich, wenn man annimmt, dass die Spalten ursprünglich länger waren und den Knorpel vom distalen bis zum proximalen Rande allenthalben durchsetzten. Diese Anschauung, welche zuerst von THACHER (1877 A, B) entwickelt, besonders aber von v. RAUTENFELD (1882) auf

Grund vergleichend-anatomischer und entwicklungsgeschichtlicher Untersuchungen über die Entstehung der Spalten und ihre Variation ausgebildet und von den meisten späteren Autoren, auch von GEGENBAUR in sein Lehrbuch (1898) übernommen wurde, stellt sich vor, dass das Skelet der Ganoiden-Bauchflosse ursprünglich aus getrennten Radien bestand, welche erst später mit ihren proximalen Theilen (Basalsegmenten oder -stücken) hier und da verschmolzen und dadurch grössere und kleinere Basalplatten lieferten.

Die andere Anschauung dagegen, welche nur v. DAVIDOFF (1879—83) vertreten hat, dass nämlich die Spalten Neubildungen seien, welche die ursprünglich einheitliche Knorpelplatte allmählich in Stücke analog den distalen Radien zergliederten, findet in der Lage der Nervenkanäle keine Stütze. Es wäre im Gegentheil wunderbar, dass die Kanäle die zukünftige Richtung und Lage der Spalten anzeigen könnten an Stellen, wo diese noch gar nicht bestehen. Ebensowenig wäre die Coincidenz der Muskelgrenzen mit den Knorpellöchern verständlich.

Schliesslich ist noch ein Merkmal in der Lage der Nervengabeln, d. h. der Theilungsstelle der Flossennerven in dorsale und ventrale Nerven, gegeben, welches den Unterschied der Ganoiden- und Selachier-Beckenflosse scharf beleuchtet. Es wurde oben bereits erwähnt, dass dieselben nicht alle wie bei letzterem und bei sämtlichen Brustflossen am proximalen Rande des Skelets oder in der Nähe desselben (medialer Rand des Metapterygium oder Extremitätenbogens, vergl. Taf. XXII, XXV, XXVI, XXVII, XXIX) liegen, sondern dass sie in die Bauchmuskulatur hinein oder selbst in die Bauchhöhle verschoben sein können. Sie befinden sich bei *Polyodon* auf der dorsalen Flossenfläche in beträchtlicher Entfernung von deren proximalem Rande (Taf. XXVIII, Fig. 1). Man sieht dies in der Figur am deutlichsten an einigen ventralen Nervenästen, welche, um zu ihren (als punktirte Kreise eingezeichneten) Knorpelkanälen zu gelangen, durch den Hebemuskel der Flosse hindurchtreten. Diese Nerven geben keine Aeste an die dorsale Muskulatur ab, sondern verzweigen sich lediglich an die ventrale Muskulatur. Es ist also die Spaltung der Flossenäste in dorsale und ventrale Nerven nicht beeinträchtigt. Dagegen ist die Durchwanderung der ventralen Nerven durch dorsale Muskulatur und die darin am prägnantesten, aber auch bei den anderen Flossennerven deutlich zum Ausdruck kommenden Lage der Nervengabeln nur durch eine Verschiebung der Nerven oder des Skelets in einer medio-lateralen (proximo-distalen) Linie zu erklären.

Alle Merkmale der Nervenkanäle und ihre Einschlüsse weisen bei *Polyodon* einhellig darauf hin, dass einstens freie Knorpelradien bestanden, welche allmählich ihre proximalen Enden gegen die Nervengabeln der Flossennerven vorschoben. Dabei geriethen einige ventrale Nerven in die Spalten zwischen die Radien und verschoben sich in ihnen um so mehr distalwärts, je stärker die Radien proximalwärts vordrangen. Beim Verschmelzen benachbarter Radien zu Basalplatten entstanden die Nervenlöcher in diesen. (Hierhin gehören z. B. die Aeste von Nerv 19 und 20, Taf. XXVIII, Fig. 1, und Taf. XXIX, Fig. 4.)

Andere Nerven drangen nicht in die Spalten zwischen die Knorpel ein, sondern blieben an den proximalen Enden der letzteren gleichsam hängen, versuchten wohl nachträglich durch Lageveränderung in die Spalten zu gelangen und liegen deshalb näher dem medialen Rande des Flossenskelets als die oben erwähnte Gruppe von zeitlich früher eingeschlossenen Nerven. (Hierhin gehören z. B. die Aeste von Nerv 21 und 22, welche zwischen Knorpel I, II und III liegen, und von Nerv 25 und 26 in Knorpel VI, Taf. XXVIII, Fig. 1, und Taf. XXIX, Fig. 4.)

Wieder andere ziehen jetzt noch um den proximalen Rand des Skelets herum und sind in Folge dessen zu einem langen Bogen ausgezogen, welcher an der Nervengabel beginnt, bis zum Rande des Knorpels und um diesen herum zur ventralen Muskulatur führt. (Hierhin gehören alle Aeste, welche in

Taf. XXVIII, Fig. 1 den unteren Rand des Knorpels erreichen. Den weiteren Verlauf kann man auf Taf. XXIX in Fig. 4 verfolgen, in welcher sie links vom Knorpel beginnen.)

Die Regellosigkeit der Aufeinanderfolge in den Knorpel eingeschlossener und freier Flossennerven ist hierdurch gegeben. Denn die medio-laterale (proximo-distale) Linie, in welcher die Verschiebungen der Skelettheile und Nerven bei diesem Process erfolgt, steht senkrecht auf der cranio-caudalen Linie, auf welcher sich die ganze Extremität längs des Rumpfes bewegt. Während bei Selachiern beide Bewegungen in derselben cranio-caudalen Linie erfolgen und sich gegenseitig ergänzen und unterstützen, so dass successive ein Nerv nach dem anderen in den Knorpel hineingeräth und ihn wieder verlässt, kommt es bei der *Polyodon*-Flosse ganz darauf an, wie gerade die Nervenäste zu den proximalwärts vordringenden Radien liegen. Die Auswahl unter ihnen hat lediglich nach der Coincidenz ihrer Lage mit den Grenzen zwischen den Radien stattgefunden, wie am Object zu sehen ist. Es wechseln daher Nerven, welche durch den Knorpel verlaufen, und solche, welche sich um ihn herumgeben, ohne Rücksicht auf die seriale Reihenfolge, in cranio-caudaler Linie mit einander ab. Bewegungen in letzterer sind an der Umschliessung der Nerven selbst nicht betheiligt, erklären jedoch die geringen Deviationen, welche einige wenige Nerven gegenüber den ursprünglichen Radialgrenzen erlitten haben (p. 242).

Die Nervenkanäle von *Acipenser* und *Scaphirhynchus* und ihre Einschlüsse sind an sich vieldeutig. Sie erhalten ihre Erklärung erst durch den Vergleich der Ganoiden-Beckenflossen unter einander, den ich weiter unten bringen werde.

Von den dem Knorpel anliegenden Nervenästen dringen allenthalben Zweige in die Flossenmusculatur ein und versorgen die Radialmuskeln. Dieselben sind polyneur. Hautäste gehen aus den Enden dieser Zweige hervor und setzen sich als distale Verlängerungen der zwischen Knorpel und Muskel liegenden Nerven an die Knochenstrahlen des äusseren Skelets und von dort an die Haut fort.

2. Crossopterygier.

Die Untersuchungen von v. DAVIDOFF (1880) über die Bauchflossen der Knochenganoiden sind ausreichend, um die augenfälligen Rückbildungsvorgänge dieser Organe auch an der Musculatur und Innervation verfolgen zu können. Ich beschränke mich deshalb lediglich auf *Polypterus*, weil bei diesem Knochenganoiden die Deutung der Bestandtheile der Flosse besondere Schwierigkeiten macht.

α) Myologie.

Die Musculatur der Beckenflosse ist bei diesem Fisch in voller Rückbildung begriffen. Denn sie ist derartig mit Sehnen durchsetzt, auf welche auch v. DAVIDOFF schon hinwies, dass es stellenweise schwer hält, makroskopisch überhaupt Muskelfasern zu entdecken.

Es giebt einen dorsalen und ventralen Hauptmuskel. Der ventrale ist in meinem Exemplar demjenigen der anderen Seite zwar sehr nahe benachbart (Taf. XXVIII, Fig. 4 A), aber doch in seiner Structur deutlich von ihm getrennt, während v. DAVIDOFF eine Verwachsung der Fasern beider Muskeln beobachtete. Der Muskel entspringt theils von dem basalen Knochenstück, theils von der Fascie, welche von diesem zur Mittellinie des Bauches und dem caudo-medialen Fortsatz des Basalstückes (Taf. XXVIII, Fig. 4 B *Proc*) hinzieht. Die Ursprünge setzen sich auf die knöchernen Radien und das straffe Bindegewebe zwischen diesen fort und reichen bis zur distalen Grenze des Muskels überhaupt (Taf. XXIX, Fig. 5). Insertionen finde ich

bei meinem Exemplar nur an den Knochenstrahlen des äusseren Skelets. v. DAVIDOFF hat auch solche am medio-caudalen Fortsatz des Basalstückes beschrieben, die aber auch nach ihm bei den anderen Knochenganoiden fehlen.

Vergleicht man die ventrale Musculatur mit derjenigen der Knorpelganoiden (vergl. namentlich Fig. 4 B mit Fig. 1, Taf. XXVIII), so findet sich eine complete Uebereinstimmung in der Lage des Muskels zum Skelet und zur Bauchwand sowie in Ursprung und Insertion. Ich nenne deshalb auch bei *Polypterus* die am Skelet entspringenden Fasern sämmtlich Mm. pterygo-keratoidei, die an der Fascie Ursprung nehmenden Mm. trunco-keratoidei. Eine Insertion von Fasern am medio-caudalen Fortsatz, welche v. DAVIDOFF beschreibt, würde diese Uebereinstimmung stark beeinträchtigen. Ich vermuthe deshalb, da ich eine solche bei meinem Exemplar nicht entdecken kann, dass eine Verwechslung mit Ursprüngen anderer Fasern vorliegt, welche an dieser Stelle entspringen und bei der mangelhaften Sichtbarkeit der Muskelfasern unter schwachen Vergrösserungen nicht immer leicht von ihnen zu unterscheiden sind.

Die dorsale Musculatur entspringt theilweise vom knöchernen Basalstück und den distalen Radien sowie zwischen diesen, ausserdem aber in viel beträchtlicherem Maasse als die ventrale Musculatur von der Bauchwand. Die letztere Partie ist besonders in Fig. 4 B, Taf. XXVIII, nach Ablösung der Flosse von der Bauchwand dargestellt.

Auch hier liegt die Uebereinstimmung mit der dorsalen Musculatur des Knorpelganoiden auf der Hand (siehe namentlich Fig. 1). Nur sind, da alle dorsalen Skeletfortsätze bei *Polypterus* fehlen, die Ursprünge an der Bauchwand zahlreicher als bei den Knorpelganoiden, wo Fortsätze stets und bei *Polyodon* in ungemein hohem Maasse entwickelt sind.

β) Neurologie.

Die Innervation des *Polypterus*-Bauchflosse erfolgt durch Aeste des 33.—41. Spinalnerven (Taf. XXIX, Fig. 5).

Zwischen den Flossennerven bestehen sehr starke Plexusbildungen, welche innen von der Bauchmusculatur und innerhalb derselben liegen. In Fig. 4 B, Taf. XXVIII, sind die Geflechte durch Wegnahme der Musculatur aus dieser herausgelöst und im Zusammenhang dargestellt. Die Plexusbildung erstreckt sich über das Innervationsgebiet der Bauchflosse caudalwärts hinaus (bis zum 43. Nerven). Bei der Auflösung der Geflechte zeigt sich erst, dass der 41. Spinalnerv den letzten motorischen Ast für die Flosse besitzt.

Die Verhältnisse sind also ganz ähnliche wie bei den Knorpelganoiden (vergl. *Polyodon*, Taf. XXVIII, Fig. 1) und lassen wie dort auf eine retrograde, cranialwärts gerichtete Bewegung der Beckenflosse schliessen, obgleich dieselbe weiter hinten am Rumpfe steht als bei irgend einem bisher untersuchten Knorpelganoiden. Bei anderen Knochenganoiden scheint die Flosse weiter vorn gelegene Rumpfreionen erreicht zu haben. v. DAVIDOFF hat wenigstens für *Amia* den 19.—26., für *Lepidosteus* den 13.—22. Spinalnerven als Versorgungsquelle der Extremität angegeben. Wenn auch wegen der Unsicherheit der Zählung (vergl. p. 239, Anm.) ein genauer Vergleich mit Knorpelganoiden nicht gestattet ist, so kann man die Flosse doch bei den Holostei ungefähr so weit nach vorn wie bei ersteren verfolgen.

Die hintere Extremität hat sich bei *Polypterus* ganz von der Stellung der Cloake emancipirt. Nicht weniger als acht Intercostalnerven ohne Rr. pelyco-ptyerygiales folgen auf den letzten Bauchflossennerven.

Sehr eigenthümlich ist bei *Polypterus* die Verzweigung der distalen Flossennerven. Dieselben theilen sich zwar wie gewöhnlich bei allen niederen Fischen sämmtlich in dorsale und ventrale Aeste für die gleichnamigen Hauptmuskeln. Die Theilungsstellen liegen aber wie bei Knorpelganoiden innerhalb der Bauchwand

und weitab vom medialen Flossenrand. Die Aeste, welche in die Oberfläche des dorsalen Muskels eintreten (Taf. XXVIII, Fig. 4 B), sind ausserdem durchaus nicht alle dorsale motorische Flossennerven, sondern manche von ihnen dringen durch den Muskel hindurch, ohne an ihn Aeste abzugeben, und gelangen in den ventralen Hauptmuskel, welchen sie innerviren. Diese Aeste sind in Fig. 5, Taf. XXIX, auf der rechten (lateralen) Seite der Basalplatte gezeichnet. Sie begeben sich an den lateralen Theil der Flossenmusculatur.

Eine andere Gruppe von Nerven überquert das knöcherne Basalstück und senkt sich an dessen medialer Kante in die ventrale Musculatur (Taf. XXVIII, Fig. 4 B). In Fig. 5, Taf. XXIX, biegen diese Nerven um die linke Kante des Basalknochens herum und verzweigen sich an Muskelfasern, welche medialwärts auf die von der oben beschriebenen Gruppe versorgten Muskeln folgen. Die serialen Bestandtheile der beiden Nervengruppen sind ungefähr identisch. Jedoch ist auch das 39. Metamer unter den lateralen Nerven vertreten, während die medialen mit dem 38. abschliessen.

Andere Aeste des 39. Spinalnerven bilden eine dritte Gruppe, welche einen Kanal in der Basalplatte benutzt, um den ventralen Muskel zu erreichen und hier die auf die zuletzt beschriebene Muskelpartie medialwärts folgende Zone zu versorgen. Dieser Kanal wurde, soweit mir die Literatur bekannt ist, bisher übersehen. Er beginnt im knöchernen (Diaphysen-)Theil der Basalplatte an deren dorsaler Oberfläche (Fig. 4 B, Taf. XXVIII) und erreicht beim Austritt an der ventralen Oberfläche (Fig. 5, Taf. XXIX) die Grenze des (Epiphysen-)Knorpels.

Endlich gehen Aeste des 40. und 41. Spinalnerven an den medialen Flossenrand dort, wo die Radien liegen, und versorgen hier im Anschluss an die vorher geschilderten Gruppen die medialste Partie der ventralen Musculatur.

Der dorsale Hauptmuskel wird von in gleicher Weise auf einander folgenden serialen Nerven wie der ventrale innervirt. Es fehlen die complicirten Beziehungen zum Flossenskelet wie bei den ventralen Aesten. Alle Nerven gehen direct an ihren Bestimmungsort.

Die letzte Verzweigung in der Musculatur ist eine relativ spärliche (Fig. 5, Taf. XXIX). Die Nerven liegen zum Theil eine Strecke weit auf dem Flossenskelet und senden Seitenäste in die Musculatur, zum Theil liegen sie von Anfang an zwischen den Muskelfasern der Hauptmuskeln, ohne dass sich eine Regel angeben liesse. Verbindungen der Nerven sah ich verhältnissmässig selten innerhalb der Musculatur. Ich möchte darauf kein Gewicht legen. Denn bei der Feinheit der Nerven ist ein Uebersehen derselben, falls namentlich die letzten Ausläufer in Betracht kommen, leicht möglich.

Diese Anordnung der Nerven ist nur verständlich, wenn man die Knorpelganoiden, speciell *Polyodon*, zum Vergleich heranzieht. Denn würde man, wie v. DAVIDOFF (1880, p. 459), EMERY (1894/95, p. 17) und neuerdings GEGENBAUR (1898, p. 571), alle mit ganz verschiedenen Gründen, dies thun, der Basalplatte des *Polypterus* eine andere Bedeutung zuweisen als der Basalplatte jener, so bestände die Schwierigkeit, das Nervenloch und die Aufeinanderfolge der Flossennerven zu erklären, darin, dass bei den Extremitätengürteln und den Metapterygien (resp. Axenstrahlen) der Selachier- und Dipnoerextremitäten nie pro-, dia- und metazonale Nerven so bunt durch einander gewürfelt sind, wie die ventralen Nerven der *Polypterus*-Bauchflosse es unter dieser Voraussetzung wären. Denn bei letzterer würde auf eine prozonale eine metazonale Nervengruppe folgen, daran würden sich diazonale und schliesslich wieder metazonale Nervenäste anreihen. Auch bei den Brustflossen der Ganoiden ist das nicht oder doch (bei *Polypterus* selbst) in ganz anderer Weise der Fall.

Dagegen sind bei *Polyodon* ganz ähnliche Verhältnisse realisirt. Die Uebereinstimmung leuchtet bei einem Vergleich der correspondirenden Abbildungen Fig. 1 und 4 B, Taf. XXVIII, und Fig. 4 und 5,

Taf. XXIX, ohne weiteres ein. Die Bildung einer grösseren Anzahl von Nervenkanälen, wie bei *Polyodon*, ist bei *Polypterus* entweder unterblieben, oder es sind nachträglich Kanäle zurückgebildet worden. Als frühere Einschlüsse solcher Löcher kämen Aeste der um den medialen¹⁾ (linken) Rand des Basalknochens sich herumschlingenden Nerven in Betracht (Taf. XXIX, Fig. 5).

3. Zusammenfassung.

Die Ganoiden-Bauchflosse und ihre Verwandtschaft mit den Extremitäten der übrigen Fische.

Alle Autoren sind darin einig, dass das knorpelige Hauptbasalstück der Beckenflosse bei den Knorpelganoiden und die Basalia (Basalsegmente) der freien Radies Homodyname (freilich von verschiedener numerischer Zusammensetzung) sind. Dies wird auch durch die Musculatur und Innervation bestätigt. Denn die Bauchmusculatur inserirt an den kleineren Basalstücken genau so wie an den grösseren (*Scaphirhynchus*, Taf. XXVIII, Fig. 3), während bei Selachiern wohl das Becken, aber nicht das ihm angegliederte Metapterygium jener Anheftungspunkte bietet. Wichtiger noch ist es, dass die Nervenkanäle bei *Polyodon* bei beiden vorkommen (Taf. XXIX, Fig. 4).

α) Entstehung der Basalia des Knorpelskelets.

Die Deutung dieser Knorpel begegnete bisher deshalb Schwierigkeiten, weil namentlich das Vorkommen von Nervenkanälen der nächstliegenden, von THACHER (1877) zuerst ausgesprochenen Annahme, dass die grösseren Knorpel Verschmelzungsproducte kleinerer seien, Eintrag zu thun schien. Denn bei allen anderen niederen Fischen und speciell bei den Beckenflossen kommen Nervenkanäle nur in dem einheitlichen Beckenknorpel vor. Deshalb bezeichnen manche Autoren diese Knorpel als Becken. v. DAVIDOFF (1879), welcher zuerst diese Ansicht vertrat, glaubte, die einheitliche Beckenplatte sei einer Zergliederung unterworfen worden, und schlug damit den umgekehrten Weg der Deutung wie THACHER ein, da die kleineren Basalia nach ihm nicht den Ausgangs-, sondern den Endpunkt des Processes darstellen sollten. MOLLIER (1897, p. 59) dagegen, welcher gleichfalls wegen der Nervenlöcher die proximal von ihnen liegende Partie des Skelets mit dem Becken der Selachier und Dipnoer vergleicht, postulirt wie THACHER, MIVART, BALFOUR, DOHRN u. v. a. m. auch für letztere einen ähnlichen Process der Verschmelzung aus ursprünglich getrennten Radies wie bei Ganoiden und sucht auf diese Weise homologe Verhältnisse für alle Extremitäten zu konstatiren. Er glaubt, dass in den Basalia bei *Polyodon* die Homologa vom Becken und Basale metapterygii der übrigen Paläichthyer in Eins verschmolzen seien, wie dies auch O. METSCHNIKOFF (1880, p. 427) vermuthet hatte.

Dem stehen entgegen die Ansichten von WIEDERSHEIM (1882, 1892) und v. RAUTENFELD (1882), welche den Nervenkanälen keine besondere Bedeutung beimessen. Trotzdem die Basalia der freien Flossen aller anderen Fische niemals von Nervenlöchern durchbohrt sind, halten diese Autoren doch die Hauptbasalplatte und Basalsegmente der freien Radies für diesen homologe Bildungen. WIEDERSHEIM, welcher sich darin mit THACHER (1877 A), speciell bei Knochenganoiden auch mit v. DAVIDOFF (1880) und THOMPSON (1886) im Einklang befindet, vergleicht dieselben mit dem Basale metapterygii, da er bei diesem eine Zusammen-

1) Hier kommt die Differenz mit der Nervenordnung bei der Brustflosse am deutlichsten zum Ausdruck. Denn dort können als frühere Knorpelinschlüsse nur die lateral (resp. präaxial) liegenden Nerven angesehen werden (p. 215). — Das Nervenloch bei *Polypterus* verbietet meines Erachtens, die Basalplatte dem Metapterygium zu vergleichen.

setzung aus serialen Stäben beobachtet zu haben glaubt. In Folge der Richtigstellung dieses vermeintlichen Befundes durch MOLLIER und RABL ist dieser Vergleich hinfällig geworden. Denn es ist durch nichts bewiesen, dass ursprünglich das Basale metapterygii gegliedert war. v. RAUTENFELD vergleicht dagegen die Hauptbasalplatte und die Basalsegmente der freien Radien der Ganoiden mit dem B. propterygii anderer Paläichthyer. Seine Ausführungen sind von besonderer Bedeutung, weil sie in sehr überzeugender Weise den Nachweis der Connascenz von getrennten Radien zu grösseren Platten bringen und den Vergleich dieses Processes mit der Bildung des gleichfalls durch Concrescenz entstandenen Basale propterygii bei den Beckenflossen der Selachier durchführen. Auch GEGENBAUR (1898) hat sich denselben angeschlossen.

Vergleichend-anatomische Befunde.

Ich glaube, die Verhältnisse der Nervenkanäle bei den Fischflossen sind so constante und regelmässig wiederkehrende Erscheinungen, dass man ihnen auch bei der Beckenflosse der Ganoiden besonders Rechnung tragen muss. Die Argumente, welche die Morphologie der Nervenkanäle an die Hand giebt, sind für mich von ausschlaggebender Bedeutung. Deshalb würde ich, falls der Versuch v. DAVIDOFF's und MOLLIER's, die Nervenkanäle der Ganoiden- und Selachier-Beckenflosse zu identificiren, den Thatsachen entspräche, auch den Schluss für gerechtfertigt halten, dass die von ihnen durchbohrten Skelettheile Homologa seien.

Die Untersuchung zeigt jedoch, dass die Nervenkanäle der Ganoiden-Bauchflosse in ganz anderer Weise entstanden sein müssen als diejenigen des Beckens der Selachier. Hier wandern die Nerven, welche diese Löcher erzeugen und in ihnen eingeschlossen sind, in caudo-cranialer, dort jedoch in medio-lateraler Richtung in den Knorpel hinein und durch seine Masse hindurch bis zu ihrem Endziele. Denn dieselben finden sich, kleine, leicht zu erklärende (p. 244) Abweichungen abgerechnet, bei allen Bauchflossen der Ganoiden zwischen den Grenzen zweier Radien oder in der idealen Fortsetzung dieser (siehe besonders *Polyodon*, Taf. XXIX, Fig. 4). Die Lagebestimmung der letzteren wird erleichtert durch die Grenzen zwischen den Radialmuskeln, welche distal mit den Interradialgrenzen des Skelets coincidiren und proximal regelmässig genau über die Nervenlöcher hin- oder, in seltenen Fällen, dicht neben ihnen vorbeiziehen.

Die Coincidenz von Interradialspalten, Nervenlöchern und Muskelgrenzen ist nur so zu verstehen, dass in den Partien, wo jetzt der Knorpel einheitliche Platten bildet, ursprünglich Spalten vorhanden waren, deren letzte Ueberreste in den Nervenkanälen persistiren. Wollte man mit v. DAVIDOFF annehmen, dass die Spalten erst eine Zergliederung der Basalplatte in Zukunft bewerkstelligen werden, so bliebe es unerklärt, warum die Nervenlöcher die Grenzen der Glieder gleichsam prädestinatorisch andeuten.

Alle Stadien des Einwanderungsprocesses sind bei *Polyodon* gleichsam fixirt und erhalten. Denn manche Nerven laufen noch direct durch den dorsalen Muskel und den Knorpel nahe seiner lateralen Grenze hindurch zum ventralen Hauptmuskel. Sie sind die ältesten perforirenden Aeste, welche zuerst umschlossen wurden. Andere nehmen denselben Weg durch den Muskel, durchsetzen den Knorpel aber nahe seinem medialen Rande. Sie machen schon einen kleinen Umweg zu ihrem Endgebiet, wurden also erst umschlossen, als die Knorpelradialen weiter medialwärts vorgerückt waren. Den grössten Umweg machen schliesslich die Nerven der ventralen Musculatur, welche jetzt noch ausserhalb des Knorpels liegen. Sie sind am weitesten medialwärts vorgeschoben.

Wahrscheinlich hängt die ausserordentlich scharfe Trennung der Musculi radiales der Beckenflosse der Knorpelganoiden gemäss der Lage und Breite der Radien des inneren Skelets (Taf. XXVIII, Fig. 2A) mit der ursprünglichen completeen Sonderung in solche zusammen.

Man könnte nun entweder die Ursache für die Wanderung der Nervenkanäle in proximo-distaler Linie allein einer Verschiebung der Endgebiete der Nerven, namentlich der Muskeln, distalwärts, oder aber der Verschiebung des Skelets in entgegengesetztem Sinne (proximalwärts) beimessen. Der Nervenbefund bei *Polyodon* entscheidet auch hier und zwar für eine Verschiebung des Skelets von der Rumpfoberfläche nach der Innenfläche der Bauchwand und nach der ventralen Medianlinie zu, also in disto-proximaler Richtung. Denn die serialen Flossennerven folgen so auf einander, dass in den Knorpel eingeschlossene und freie Aeste mit einander unregelmässig abwechseln (p. 242). Erstere sind zwar unter den cranialwärts liegenden Nerven häufiger, kommen aber auch bei weiter caudalwärts folgenden vor, Letztere finden sich bei den meisten, nur bei Nerv 19—21 nicht. Diese unregelmässige Auswahl unter den serialen Nerven beim Einschluss in den Knorpel findet aber keine Erklärung in den Muskelverhältnissen, da die Muskeln der freien Flosse ganz gleichmässig in allen Theilen der Extremität entwickelt sind. Die medialen (proximalen) Skeletenden ragen jedoch verschieden weit in Form von (ventralen) Zacken in die Bauchwand vor, und zwar der vorderste, zu Hauptbasalplatte gehörende Fortsatz am weitesten (Fig. 1, Taf. XXVIII). Ausserdem sind früher an Stelle der Basalplatten überall getrennte Radien gewesen. Nimmt man an, dass diese allmählich in die Bauchwand hineingewachsen sind, so erklärt sich leicht, dass aus der Reihe der ventralen Flossennerven der eine in den Knorpel eingeschlossen wurde, der folgende aber wieder nicht, und dass sich dieser Vorgang in unregelmässiger Folge immer wiederholte, je nachdem die Nerven zwischen die Spalten der Radien geriethen oder gegen die mediale Kante eines oder mehrerer, schon verschmolzener Radien stiessen und von dieser fortgeschoben wurden.

Ein weiteres Argument ist von der Lage der distalen Nervengeflechte der Extremität abzuleiten, welche bei allen untersuchten Knorpelganoiden auf der Hauptbasalplatte liegen und von dieser parallel dem medialen Rande distalwärts über die Basalsegmente der freien Radien hinziehen, in der Beckenflosse der Haie jedoch zum weitaus grössten Theile den Radien und nicht oder nur zum geringsten Theile dem Basale metapterygii aufliegen (siehe Abbildungen Taf. XXIX). Im Uebrigen haben beide Geflechte übereinstimmenden Charakter und sind als Plexus praezonales Homodyname. Der Unterschied in der Lage erklärt sich leicht durch den oben geführten Nachweis, dass die Basalplatten der Ganoidenflosse durch Concrescenz von Radien entstanden sind. Sie können also nicht mit den Basalia der Haie verglichen werden, wie viele Autoren wollen (p. 247). Denn nach der Lage des Plexus ist das mediale Ende der Radien des *Acanthias* mit den Basalplatten und -segmenten der Knorpelganoiden zu homologisiren (vergl. namentlich die Lage und proximale Ausdehnung des Plexus bei *Acipenser* und *Scaphirhynchus*).

Sucht man nach Resten des Plexus distalis postaxialis, so sind solche möglicher Weise in den Nervengeflechten erhalten, welche innerhalb der Bauchwand und auf der Innenfläche derselben zwischen den Flossennerven bestehen (Taf. XXVIII, Fig. 2B, Fig. 1). Solche Verbindungen sind bei Selachiern an dieser Stelle nicht vorhanden. Da aber der Plexus praeaxialis mit den Skelettheilen, auf welchen er liegt, proximalwärts verschoben ist, so ist es verständlich, dass auch der Plexus postaxialis weiter innen angetroffen wird als bei den Haien. Das Becken und Basale metapterygii freilich, welchen er und die von ihm versorgte Musculatur anliegen (Taf. XXIX, Fig. 1), fehlen bei den Knorpelganoiden. Durch ihren Verlust wurden die Verschiebungen der Radien und deren Concrescenzen überhaupt erst möglich.

Embryologische Befunde.

In der Entwicklungsgeschichte legen sich die Radien, wie MOLLIER (1897, p. 56, Fig. 55) entgegen anderen Beschreibungen (v. RAUTENFELD und WIEDERSHEIM) in überzeugender Weise nachwies, nicht getrennt an, sondern an ihren basalen Enden hängen alle durch einen Streifen von Vorknorpelgewebe

zusammen und bilden auf diese Weise ein einheitliches Basale. Der Autor selbst deutet diesen Befund als eine cänogenetische Erscheinung, da er annimmt, die Verbindung sei nicht die Wiederholung eines phylogenetischen Zusammenschlusses der Radian, die letzteren seien vielmehr durch die nachträgliche relative Einengung der Flossenbasis (Concentration) aus Platzmangel gezwungen, sich während der Ontogenese zu verbinden. MOLLIER bezeichnet sogar seinen Befund als „den lange gesuchten Beweis von der Entstehung des primären Basale aus der Verschmelzung basaler Strahlenenden“ (p. 56).

Obgleich ich diese letztere Art der Argumentation nicht theile¹⁾, stimme ich doch MOLLIER darin bei, dass man die vorknorpelige Vereinigung der basalen Strahlensegmente in der Ontogenese nicht ohne weiteres als Beweis für einen phylogenetischen Zusammenhang derselben, d. h. für die Existenz eines Basale oder eines Beckens verwerthen kann. Der Vorknorpel ist ein sehr weiches und der Art seiner Grenzen nach wenig bestimmtes Gewebe, dem möglicher Weise wegen seiner wenig festen Consistenz die Eigenschaft zukommt, grössere Räume einzunehmen als der Knorpel, ebenso wie dieser massiger zu sein pflegt als der Knochen. Es wäre dann klar, dass nahe benachbarte Vorknorpelanlagen sich eher berühren oder mit einander verschmelzen könnten als die aus ihnen hervorgehenden knorpeligen Elemente. Beispiele ähnlicher Art kennen wir ja von anderen jungen embryonalen Geweben (z. B. bei der Anlage der Zahnleiste, der Milchleiste etc.), obgleich im Detail die Ansichten der Autoren vielfach auseinandergehen und fast überall die entwicklungsphysiologischen Grundlagen für die Beurtheilung der hier besonders wichtigen physikalischen Verhältnisse noch fehlen. Die Beckenflosse der Ganoiden ist deshalb besonders suspect, weil alle Untersucher (v. RAUTENFELD, WIEDERSHEIM und MOLLIER) übereinstimmend gefunden haben, dass das Knorpelskelet nicht einheitlich angelegt wird, dass nämlich die freien Radian als Knorpel von Anfang an getrennt sind.

Andererseits aber wäre es denkbar, dass in der That jener vorknorpelige Basalstreifen, welchen MOLLIER in der Extremitätenanlage sah, eine Recapitulation des Beckens und eines Basale oder eines letzteren allein wäre, ohne dass man eine Cänogenese, wie jener Autor es thut, anzunehmen braucht. Denn jene alten, bei den Knorpelganoiden secundär in Fortfall gekommenen Bestandtheile der Extremität könnten noch in dieser Form angelegt werden; es würden dann später die distalen Radian, welche an die Stellen vorgewachsen sind, wo sich die primäre Anlage befindet, als Knorpel in der Anlage selbst sichtbar werden und weiterhin durch Weiterwucherung in proximaler Richtung die neue Basalplatte liefern. Da die Entwicklungsgeschichte der Acipenseridenflosse zu wenig im Detail (z. B. was Innervation, Muskelvertheilung etc. in den verschiedenen Stadien angeht) bekannt und in späteren Stadien noch nicht studirt ist, lässt sich zur Zeit nicht entscheiden, ob die Annahme einer Cänogenese durch MOLLIER oder die Vermuthung eines palingenetischen Verhaltens, die ich schon früher angedeutet habe (1898 A, p. 442 ff.), das Richtige getroffen hat. Hier sind weitere Untersuchungen am Platze und, wie mir scheint, nicht ohne Aussicht auf Erfolg.

Es scheinen mir also alle bekannten Thatsachen über den Bau der Beckenflosse der Knorpelganoiden in dem Sinne verwerthbar zu sein, dass wir uns diese Extremität aus ursprünglich freien, mit ihren basalen

1) Der Autor sieht den embryologischen Beweis für die ursprüngliche Existenz freier Radian bei einem Object geführt, bei welchem solche Radian bei ihrem Erscheinen partiell verschmolzen auftreten, die beim fertigen Thier getrennt sind. Wäre die Ontogenese eine unveränderte Recapitulation der Phylogenie, so involvirte diese Thatsache natürlich gerade den umgekehrten Schluss. Deutet man jedoch die ontogenetische Thatsache als Cänogenese, so ist es doch unstatthaft, durch die Ontogenie gerade das beweisen zu wollen, was durch die Cänogenie verdeckt ist. So weit zu gehen, würde selbst dem überzeugtesten Vertheidiger des Vorkommens zahlreicher Cänogenesen logischer Weise nicht möglich sein. — Für die Skeletentwicklung bei anderen Fischen kommen die Ganoiden auch deshalb nicht in Betracht, weil bei ihnen bisher nicht gezeigt ist, dass sich im fertigen Zustand einheitliche Basalia entwicklungsgeschichtlich aus getrennten Stücken aufbauen. Das Hauptbasalstück bei *Acipenser* z. B. legt sich gerade so einheitlich successive an, wie es beim ausgebildeten Thiere geformt ist. Nur dadurch aber könnte der ontogenetische Nachweis für die Conrescenz der Radian zu Basalplatten geführt werden, dass wirklich getrennt angelegte Radian während der Entwicklung nach und nach verschmolzen. Das ist bei den paarigen Extremitäten der Ganoiden, soweit die Extremitätenbogen und Metapterygia in Betracht kommen, ebensowenig wie bei denjenigen der Selachier und Dipnoer der Fall.

Segmenten theilweise verschmolzenen Radien entstanden denken, welche den Radien der Selachier-Bauchflosse homolog zu setzen sind.

Bei den Knochenganoiden ist aber das Gleiche der Fall. Denn bei *Polypterus* findet sich ein, den Nervenlöchern der Knorpelganoiden vergleichbarer Kanal in dem einheitlichen, verknöcherten Basale, und die Nerven sind in ähnlich bunter Reihenfolge wie bei *Polyodon* zu diesem Basale orientirt (Taf. XXVIII, Fig. 4 B, und Taf. XXIX, Fig. 5). Embryologische Untersuchungen fehlen hier leider noch völlig.

Folgerungen für die verschiedenen Formen und Bestandtheile der Ganoiden-
(und Teleostier-)Bauchflosse.

GEGENBAUR (1898, p. 571) hat die Frage aufgeworfen, ob die Basalia der übrigen Knochenganoiden (Lepidosteiden, Amiaden) mit demjenigen der *Polypterus*-Beckenflosse zu homologisiren seien, und dieselbe mit Rücksicht auf die Verschiedenartigkeit des Baues der Brustflossen dieser Fische verneint. Ich glaube es ist vor allem auf Grund der Befunde am Nervensystem daran festzuhalten, dass die Beckenflossen aller Ganoiden aus ursprünglich getrennten Knorpelstäben verschmolzen sind. Ausser dem Becken und Basale metapterygii, deren Verlust die eigenartige Verschiebung der Radialknorpel nach der Rumpfmittellinie zuerst möglich machte, sind auch die Basalia meso- und propterygii, welche auch immer von ihnen bei den Vorfahren dieser Fische bestanden haben mögen, verschwunden, und die jetzt vorliegenden Basalia sind Neubildungen. Dagegen ist es fraglich, ob die Radien, welche bei den verschiedenen Ganoiden erhalten sind, ursprünglich zu einem Basale meta-, meso- oder propterygii gehörten. GEGENBAUR hat vollkommen Recht, wenn er als entscheidende Instanz hierfür den Bau der Brustflosse anführt, da die Paläontologie die Gleichartigkeit des Baues zwischen den beiden Extremitäten bei den Vorfahren der recenten Ganoiden documentirt. Es ist deshalb zu vermuthen, dass bei *Polypterus* Radien des Metapterygium, und zwar sowohl prä- und postaxiale erhalten blieben und zu dem Basale verschmolzen, während bei den übrigen Knochen- und allen Knorpelganoiden wesentlich präaxiale Radien diesen Process vollzogen. Wenn wir uns mit GEGENBAUR vorstellen, dass die Reduction der Bauchflosse eine Folgeerscheinung des Verlustes eines bei Selachiern mächtigen Copulationsapparates, des Mixipterygium, ist, welcher jedenfalls allen uns bekannten Ganoiden fehlt, so ist wohl anzunehmen, dass wesentlich die Axe selbst mit ihren Radien der Rückbildung verfiel, da jener Apparat von dieser getragen wird. Es ergibt sich dann die Consequenz, dass die präaxialen Radien, welche erhalten sind, den freien, am Schultergürtel der vorderen Extremität direct befestigten Radien zu vergleichen und als mesopterygiale Stäbe zu bezeichnen oder als Reste eines Propterygium zu deuten wären. Hier mögen bei den verschiedenen Familien getrennte Wege eingeschlagen worden sein. Nach den uns vorliegenden Formen der Ganoiden-Beckenflosse erscheint es willkürlich, ob man den Bildungsprocess des Basale mit der Entstehung eines Pro- und Mesopterygium vergleichen will. Wenn man mit v. RAUTENFELD von einem Basale propterygii spricht, so geschieht dies im Hinblick auf die Hinterflossen der Selachier, bei welchen mesopterygiale Bildungen fehlen.

Eine Schwierigkeit könnte noch darin erblickt werden, wie die freien, unpaaren oder paarigen Knorpelstückchen zu deuten seien, welche sich zwischen den medialen Enden der Hauptbasalia mancher Knorpel- und Knochenganoiden finden. v. DAVIDOFF (1880) und neuerdings WIEDERSHEIM (1892) fassen dieselben als proximale Abgliederungen des Basale auf, welche secundär selbständig werden. Ich kann den Beobachtungen der beiden Autoren über die Variabilität dieser Stückchen bei *Polypterus* einen weiteren Fall anreihen. Bei meinem Exemplar bestehen nämlich, wie bei ähnlichen, einem von v. DAVIDOFF sowie einem von WIEDERSHEIM kurz erwähnten Falle, nur zwei knorpelige Apophysen in der Bauchmittellinie, welche ich mit WIEDERSHEIM für die unverknöcherten Enden der Basalia halte (Taf. XXVIII, Fig. 4 A, B). Denn derartige Knorpelapophysen

sind ja eine ganz allgemein verbreitete, wenn auch quantitativ variable Einrichtung bei den verknöcherten Skelettheilen der Wirbelthiere. Die überknorpelten Gelenkflächen der Pentadactylier gehören ebenfalls hierher. Die Ansicht v. DAVIDOFF's u. a., dass diesen Knorpelstücken die Bedeutung von Beckenrudimenten beizumessen und ihnen damit eine Sonderstellung einzuräumen sei, kann ich deshalb nicht theilen.

Das Besondere meines Falles beruht darin, dass die beiden Apophysen nur in ihrem vorderen (cranialen) Theile durch eine Incisur von einander getrennt sind. Nach hinten (caudalwärts) setzt sich dieselbe in eine nahtförmige Furche oberflächlich fort (Fig. 4 A *Sulc. med.*). An dieser Stelle sind die beiden Knorpel und sogar die beiden knöchernen Hülsen der Basalia mit einem Theile ihrer proximalen Peripherie zu einer *Synchondrosis* und *Synostosis* verschmolzen. Durch einen in der Richtung der Bauchmittellinie geführten Schnitt wurden diese Theile künstlich getrennt. Die Schnittflächen des Knorpels und Knochens sind in Fig. 4 B durch Schraffirung hervorgehoben.

Dieser Befund erklärt meines Erachtens die Variabilität in dem Auftreten der Knorpelstückchen in der Mittellinie bei *Polypterus*. Namentlich durch die knöcherne Verbindung der beiden Basalia wird leicht eine Abknickung des vorderen (cranialen) Theiles der Apophysen, welcher seine Beweglichkeit bewahrt hat, gegen den hinteren, consolidirten Theil erfolgen und damit eine Abgliederung desselben eingeleitet werden. Dieselbe erfolgt, wie die Abbildungen von v. DAVIDOFF und WIEDERSHEIM zeigen, bald einseitig, bald doppelseitig und entweder unter Persistenz oder unter Schwund der *Incisura mediana*.

Mit dieser Erklärung der isolirten Knorpelstückchen fällt aber aller Grund fort, in denselben abortive Beckenreste zu sehen, welche dem Extremitätengürtel anderer Fische zu vergleichen wären. Dass sie nicht den Ausgangspunkt für die Entstehung der Extremitätengürtel überhaupt bilden, wie WIEDERSHEIM annimmt, erledigt sich durch die abortive Form der Hinterflossen der Ganoiden und den durchaus verschiedenen Modus der Entstehung der Gliedmaassengürtel bei allen anderen niederen Fischen.

Die Vereinigung der Basalia in der Mittellinie wird bei Teleostiern zur gewöhnlichen Erscheinung. Nur selten bleiben dort die beiden Antimeren getrennt. Durch Verbreiterungen der Berührungsflächen oder Theilungen derselben in verschiedene Fortsätze entstehen Verbindungen in der Bauchmittellinie von sehr differenter Form und Function. Damit gehen Veränderungen im distalen Skelet einher, indem auch hier, wie bei der Brustflosse der Teleostier, die Knochenstrahlen des äusseren Skelets mehr und mehr prävaliren und die knorpeligen Radien zum Schwund bringen¹⁾ (vergl. KOLZOFF, 1895, GEGENBAUR, 1898, p. 569).

β) Veränderungen der Musculatur gegenüber anderen Extremitäten.

Die Musculatur der Ganoiden-Beckenflosse ist den Veränderungen des Skelets angepasst. Jedoch sind die Abweichungen von den bei Selachiern und Dipnoern bestehenden Einrichtungen leicht verständlich, wenn man nur die grosse Plasticität der Muskeln und leichte Verschieblichkeit ihrer Anheftungen am Skelet beachtet.

Die Bauchmusculatur, welche bei den Selachiern und Dipnoern lediglich am Becken Anheftungen findet, ist bei den Ganoiden mit dem Hauptbasale und bei den meisten auch mit den Basalsegmenten der freien Radien in Verbindung. Auf diese Weise hat das Flossenskelet Ersatz für die Befestigungen gefunden, welche es mit dem Verlust seiner Axe und des Gliedmaassengürtels preisgab.

1) Neuerdings versucht SABATIER (1896, 1898) gerade umgekehrt die Selachierextremitäten als reducirte und secundär hochgradig veränderte Formen den Knochenfischen und ihren Flossen gegenüberzustellen. Wie diametral entgegengesetzt allen anatomischen und embryologischen Thatsachen eine solche Auffassung ist, dürfte auch aus dieser Abhandlung hervorgehen. Ich will nur hervorheben, dass die Nervenlöcher, welche Autor als Rest der primitiven Grenze zwischen seinen Hauptbestandtheilen der Urgliedmaasse (*demi-interépineux*) bezeichnet, längst als secundär entstandene (v. DAVIDOFF, 1879; GEGENBAUR, 1879, u. a. m.) bekannt und als in ihrer Position sehr wechselvolle Gebilde (BRAUS, 1898, 1899) erwiesen sind.

Eine weitere Verankerung wurde dem Skelet zu Theil durch die dorsalen Fortsätze der Basalia, welche bei *Polyodon* am stärksten und zahlreichsten entwickelt sind. Dieselben dienen aber nicht nur der Befestigung der Bauchmusculatur und dadurch der Verbindung der Flosse mit dem Rumpfe, sondern sie vergrössern auch die Ursprungsfläche der Musculatur der freien Flosse.

Bei *Polyodon*, bei welchem das Skelet der freien Flosse die geringsten Reductionen unter den Ganoiden aufweist, haben wir die ursprünglichsten Muskelverhältnisse zu suchen. Denn die Musculatur unterliegt denselben gestaltenden Factoren wie die Skelettheile, an denen sie befestigt ist.

Die oberflächliche Schicht von Mm. trunco-keratoidei des *Polyodon*, welche beim dorsalen Hauptmuskel entwickelt ist und sich bei *Acipenser* und *Scaphirhynchus* (Taf. XXVIII) ebenfalls findet, ist der Rest der Mm. zono-keratoidei, welche bereits bei der Beckenflosse der Selachier ausser mit dem Becken in breiten Verband mit der Bauchwand getreten sind (p. 184, 193). Beim ventralen Hauptmuskel ist diese oberflächliche Schicht von Mm. trunco-keratoidei verschwunden.

Dafür haben sich bei *Polyodon* die Mm. pterygo-keratoidei mit ihren Ursprüngen proximal- und distalwärts ausgedehnt. Denn einmal haben sie mit der Ausbildung der Fortsätze der Basalia ihr Ursprungsgebiet vergrössert und sich noch weiter auf die zwischen diesen Fortsätzen ausgespannten Fascien und dadurch auf die Bauchwand ausgedehnt; andererseits finden wir ihre Ursprünge, wie bei der Brustflosse, auf den Radien bis zu dem distalen Rande der Hauptmuskeln hin (Taf. XXIX, Fig. 4). Bei den anderen Ganoiden sind diese Ursprungsgebiete entweder nicht in demselben Maasse erobert oder wieder verloren worden. Denn von den Fortsätzen des Knorpelskelets des *Polyodon* ist ja bei ihnen nur wenig vorhanden.

Bei den Knochenganoiden steht der dorsale Hauptmuskel in breitem Verband mit der Rumpfwand. Da die Muskelfasern innig mit den Mm. pterygo-keratoidei zusammenhängen, sind sie eher als Abkömmlinge dieser denn als Reste der stets bei Knorpelganoiden von ihnen deutlich getrennten Mm. zono- resp. trunco-keratoidei zu betrachten.

C. Rückblick:

Brust- und Bauchflosse der Ganoiden.

Obgleich in den Extremitäten der Ganoiden eine Reihe von Einrichtungen zur Anschauung kommen, welche ihre Untersuchung und Deutung zu den anziehendsten Capiteln der Gliedmassenmorphologie gestalten, so erweisen sich dieselben doch überall als specialistische Ausbildungen oder gar Rückbildungen, welche nicht als Ausgangspunkt grösserer Formenreihen dienen. Dies gilt vor allem für die hintere Extremität. Bei dieser ist durch ausgedehnte Einschmelzung von Skelettheilen und eine damit verbundene Convergenz der erhaltenen Partien schliesslich ein Zustand erzielt worden, in welchem von der früheren Mannigfaltigkeit der Flossen kaum noch Spuren existiren. Dagegen ist dieselbe bei der Brustflosse noch erhalten, indem dort Anklänge an die biserialen Flossenform neben uniserialen Einrichtungen vorkommen. Aber auch diese sind secundär verändert und werden, im ersteren Falle von *Ceratodus*, im letzteren von den Squaliden, an Ursprünglichkeit übertroffen.

Für diese hier vertretene Auffassung der Ganoidengliedmaasse, welche vor allem GEGENBAUR (1865, 1873, 1895) durch seine Untersuchungen über das Skelet derselben begründete, ist in den vorhergehenden speciellen Abschnitten, wie ich hoffe, weiteres Beweismaterial geliefert worden. Der nächste Abschnitt wird die Aufgabe haben, zu prüfen, ob die Selachier, Ganoiden oder Dipnoer den Anschluss an die pentadactyle Extremität ermöglichen.

IV. Das Pterygium und Chiridium.

Ueber die Ableitung der pentadactylen Extremität von den Flossen der Fische gehen die Ansichten weit auseinander. Es sind so gut wie alle Möglichkeiten der Anknüpfung von den verschiedenen Autoren versucht worden, indem sowohl die Extremität der Selachier, als auch die der Ganoiden und endlich diejenige der Dipnoer als Ausgangsform gewählt wurde. Ich will im Folgenden den Versuch machen, an den wesentlichen Bestandtheilen der Extremität zu prüfen, ob auf Grund des in der Literatur und in den vorhergehenden Capiteln dieser Untersuchung niedergelegten Materiales eine bestimmte Stellung zu einer dieser Auffassungen eingenommen werden kann. Bezüglich der Pentadactylier kommen in erster Linie dabei die urodelen Amphibien in Betracht. Ich orientirte mich bei diesen durch eigene Untersuchungen bei *Necturus lateralis* über die genaueren Verhältnisse von Skelet, Musculatur und Nervensystem. Im Uebrigen folge ich den Angaben der Literatur, soweit sie hinreichend gesichert erscheinen. Die höheren Pentadactylier habe ich nicht in den Kreis meiner Betrachtungen gezogen, weil hier durch weitere beträchtliche Veränderungen der Extremität die ursprünglichen Theile und ihre Stellungen immer mehr der Fischflosse unähnlich werden, und es mir nur auf Herstellung des genetischen Connexes zwischen den beiden Hauptformen der Gliedmaassen, der Flosse und der pentadactylen Extremität, ankommt.

a) Beziehungen zwischen dem Skelet beider Extremitätenhauptformen.

Stylopodium.

Das innere Skelet der Fisch- und Amphibiengliedmaassen ist in diesem Bande von R. SEMON einer eingehenden Vergleichung unterzogen worden. Durch den Nachweis, dass allein bei *Ceratodus* ausser dem zu einer frei beweglichen Synarthrose bei allen Fischen differenzirten Schulter- (bezw. Hüft-)Gelenk noch ein zweites Gelenk (Ellenbogen- resp. Kniegelenk) bei beiden Gliedmaassen besteht, hat SEMON ein sehr wichtiges Moment herangezogen, welches auf die Dipnoerflosse oder eine dieser sehr ähnliche Extremität als Urform des Cheiropterygium hinzeigt. Ich verweise bezüglich des Details der Beweisführung auf die p. 89—93 dieses Bandes. Nach dieser ist das proximalste Mesomer bei *Ceratodus* als Stylopodium erwiesen¹⁾.

Zeugopodium.

Wenn es mir danach ausgemacht erscheint, dass das Stylopodium (Humerus bezw. Femur) im ersten Axenglied der *Ceratodus*-Flosse zu suchen sei, so erheben sich doch sofort Schwierigkeiten, wenn man die folgenden Glieder desselben und des Chiridium zu vergleichen sucht. Denn das 2. Glied besteht bei *Ceratodus* (seltene, später zu erwähnende Ausnahmen abgerechnet) nur aus einem Stück. Das Zeugopodium (Ulna + Radius bezw. Fibula + Tibia) ist also scheinbar nicht realisirt. Dagegen besitzt die Selachier- und

1) Eine früher allgemein verbreitete Ansicht (CUVIER, AGASSIZ, OWEN, JOH. MÜLLER, METTENHEIMER), die meines Wissens zuletzt von KNER (1867) vertreten wurde, im Uebrigen aber durch die classische Widerlegung von GEGENBAUR (1865) beseitigt schien, ist neuerdings durch POLLARD (1892), EMERY (1894/95) und SABATIER (1896, 1898) wieder aufgenommen worden. Diese Autoren haben das Gemeinsame, dass sie, wie jene ältere Anschauung, Bestandtheile des Chiridium im Gliedmaassengürtel der Fische suchen und gefunden zu haben glauben. POLLARD und EMERY vermuthen das Stylopodium, SABATIER sogar das Stylo-, Zeugo- und Mesopodium an dieser Stelle. Doch entbehren alle diese Vermuthungen bisher jeglicher controlirbarer, positiver Fundirung, sind vielmehr im Einzelnen sehr angreifbar (siehe GEGENBAUR, 1865; SEMON, 1898, p. 90, 91, auch diese Abhandlung p. 140 Anm.). Dasselbe gilt bezüglich derjenigen Forscher — auch darin stimme ich SEMON (l. c.) bei — welche, ähnlich wie andere ältere Autoren (z. B. BRUCH, 1852), neuerdings das Stylo- oder gar dieses und das Zeugopodium für eine jüngere Neubildung gegenüber den distaleren Theilen der Extremität halten (KLAATSCH, 1896; BOLK, 1899). — Das Basale der Bauchflosse von Knochenganoiden, speciell von *Polypterus*, zum Ausgangspunkt der Differenzirung eines Stylopodium zu machen (THOMPSON, 1886; WIEDERSHEIM, 1892) oder gar Stylo- + Zeugo- + Mesopodium zu homologisiren (EMERY 1894), verbietet die augenscheinliche Reduction und Degeneration dieser Gliedmaassen (vergl. auch p. 247—253), welche bei einem nahen Verwandten von *Polypterus* — *Calamoichthys* — zum völligen Verlust der Bauchflossen führt.

Ganoidenflosse einen grossen Reichthum an Seitenradien, so dass eine grosse Auswahl offen steht, wenn man versucht, ausser dem Axenstrahl noch einen zweiten Strahl, wie er im Zeugopodium vorhanden ist, bei diesen herauszufinden. GEGENBAUR hatte deshalb diese Extremitäten (speciell diejenigen der Selachier, aber nicht in der hochentwickelten recenten Form, sondern in einem radienarmen, primitiveren Zustand) im Auge, als er das Extremitätenskelet der höheren Thiere vom uniserialen Archipterygium abzuleiten versuchte (1865, 1870, 1873 etc.).

SEMON (1898) hat sich dagegen der Hypothese A. SCHNEIDER's (1886, 1887) angeschlossen, welcher sich das Zeugopodium der Pentadactylier durch eine Spaltung des einst einheitlichen 2. Axengliedes der *Ceratodus*-Flosse entstanden dachte. Spaltbildungen in dem betreffenden Gliede des *Ceratodus*, welche schon GÜNTHER (1871), THACHER (1878), MIVART (1879) und VANHÖFFEN (1891) nach Furchen in demselben erschlossen, welche HASWELL (1883) und HOWES (1887) thatsächlich beobachteten und für welche SEMON (1898) weitere Beispiele anführt, sollen der Ausgangspunkt der Längsgliederung desselben in die beiden Skeletstäbe des Vorderarms bzw. Unterschenkels bilden.

Da in der Befestigungsart der Musculatur an den in Frage kommenden Skeletstücken und in der Neurologie Anhaltspunkte gegeben sind, welche, wie ich weiter unten ausführen werde, den Anschluss des Zeugopodium viel eher an die *Ceratodus*-Extremität als an diejenige der Selachier oder Ganoiden ermöglichen, so wurde die Frage der Ableitung des Zeugopodium aus dem 2. Mesomer des *Ceratodus* für mich von grosser Bedeutung. Ich habe deshalb durch eigene Untersuchungen an 7 Brust- und 9 Bauchflossen die fraglichen Verhältnisse des 2. Axengliedes studirt und Aufschluss über die sich zum Theil recht widersprechenden Angaben der Literatur zu erlangen gesucht.

Die Seitenstrahlen (Parameren) des 2. Axengliedes sind bei beiden *Ceratodus*-Flossen stets durch ihre besonders grosse Zahl ausgezeichnet. Das betrifft vor allem die postaxialen Seitenradien, welche bei der Vorderflosse in ihrer Ruhelage ventral und bei der Hinterflosse dorsal liegen. HUXLEY (1876, p. 49), SCHNEIDER (1886) und VANHÖFFEN (1891) haben an der Brustflosse deren fünf gezählt, Befunde, welche von HOWES (1887) mit Unrecht bezweifelt wurden. Denn auch ich finde dasselbe an der Mehrzahl meiner Exemplare. Nur in einem Falle (Textfigur 21a) sah ich deren nur 4. Bei der Beckenflosse dagegen ist eine geringere Zahl von Radien an dieser Stelle die Regel. SCHNEIDER gab deren drei an, HOWES fand bei einem grösseren Material (10 Bauchflossen) in der Regel 2, in einem Falle jedoch 3 und in einem anderen 4. Bei meinen Exemplaren sind bei der Beckenflosse drei präaxiale Seitenradien des 2. Axengliedes in der Regel vorhanden. In einem Falle (Textfigur 21g) finde auch ich vier, in einem anderen nur zwei, bei welchem der eine sich distalwärts in zwei Radien gabelt (Textfigur 21e), und endlich bei einem dritten Fisch keinen Seitenradius. Im letzteren Falle war distalwärts ein Knorpelstück vorhanden, dessen proximale Verlängerung, wenn sie vorhanden gewesen wäre, das 1. Axenglied erreicht hätte. Ein weiteres, sehr kleines Knorpelchen stiess an das proximale Ende dieses Radius an und erstreckte sich in der Richtung nach dem Hüftgelenk zu eine kurze Strecke weit (Textfigur 21f). Diese Befunde lassen sich in folgender Reihe gruppiren:

Zahl der von verschiedenen Autoren beobachteten postaxialen Parameren des 2. Mesomers:

- | | |
|-----------------------------------|--|
| I. Omopterygium ¹⁾ | 5 (HUXLEY, SCHNEIDER, VANHÖFFEN, BRAUS: Regel) |
| | 4 (HOWES: Regel; JAQUET ²⁾ , BRAUS: 1 Fall) |
| II. Pelycopterygium ¹⁾ | 4 (HOWES, JAQUET ²⁾ , BRAUS: je 1 Fall) |
| | 3 (SCHNEIDER und BRAUS: Regel; HOWES: 1 Fall) |
| | 2 (HOWES: Regel; BRAUS: 1 Fall) |
| | 0 (BRAUS: 1 Fall, jedoch Rudimente) |

1) Omopterygium = Skelet der Brustflosse, Pelycopterygium = Skelet der Beckenflosse (vergl. BRAUS, 1898 A, p. 248 Anm.).

2) Die Arbeiten dieses Autors (1897—1900), welche ich während der Korrektur dieser Abhandlungen erhielt, konnten in den früheren Abschnitten nicht mehr Berücksichtigung finden. Sie enthielten für mein Thema übrigens nichts wesentliches Neues.

Die Maximalzahl 5 beginnt diese Reihe, und sie endet mit 0. Denn an den Radien sind Spuren der Rückbildung deutlich, welche dazu führt, dass einer nach dem anderen die Verbindung mit der Extremitätenachse verliert, verkümmert und schliesslich zu Grunde geht. Bei der Brustflosse hat SCHNEIDER noch 4 Seiten-

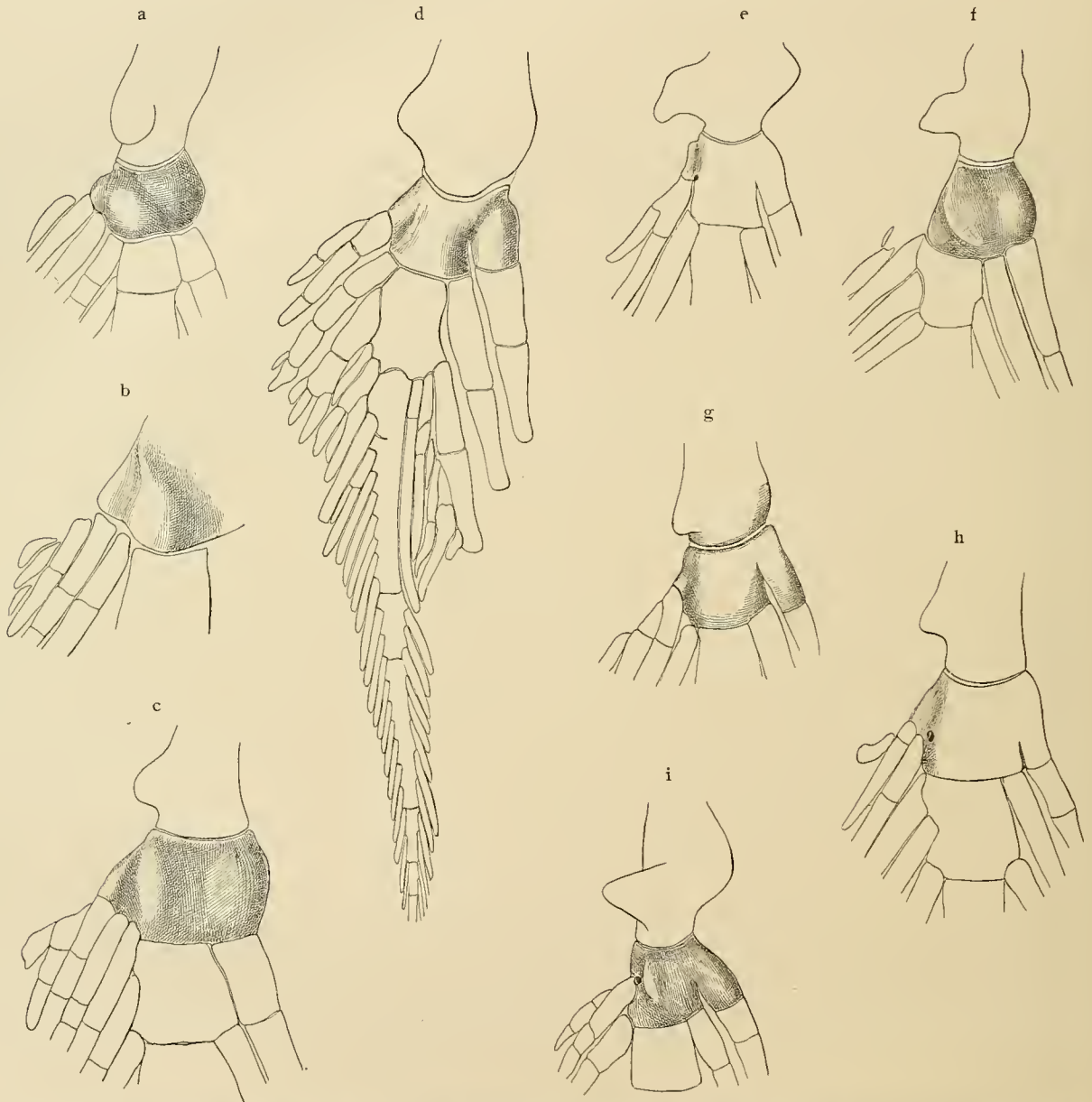


Fig. 21. *Ceratodus*-Flossen, $\frac{5}{4}$ nat. G. a—c Brustflossen, d—i Beckenflossen. Das zweite Mesomer ist plastisch, das übrige Knorpelskelet nur in Contouren wiedergegeben. Alle Figuren sind so gezeichnet, dass der präaxiale Rand nach rechts, der postaxiale nach links schaut. Es wurden diejenigen Originale, bei welchen das nicht der Fall war, spiegelbildlich reproducirt. Von der rechten Seite des betr. Ex. stammen Figg. a, c, d, e, g, von der linken b, h, i, f.

radien vollkommen und den 5. unvollkommen in Verband mit dem Axenglied angetroffen. In meinen Exemplaren reicht nur in einem Falle der 4. noch mit einem spitzen proximalen Fortsatz bis nahe an das Axenglied heran, ohne dasselbe jedoch ganz zu erreichen (Textfigur 21c). In allen anderen besteht ein

weiter Zwischenraum an dieser Stelle, und höchstens drei Radien stehen im Verband mit dem Axenglied. Von diesen ist bei der Beckenflosse die Ablösung eines nach dem anderen in meinen Figuren zu verfolgen [Textfigur 21 d—i¹].

Da nach den Untersuchungen von SEMON (s. o.) die Seitenradien aus dem axialen Vorknorpelblastem der Flossenanlage seitlich heraussprossen, so ist die basale Ablösung der Radien von der Axe unzweifelhaft ein Rückbildungsprocess; denn gerade hier haben sie entwicklungsgeschichtlich zuerst bestanden.

Die Stelle des 2. Axengliedes selbst, an welcher diese postaxialen Radien befestigt sind, hat schon seitens früherer Autoren besondere Beachtung gefunden. SCHNEIDER (s. o.) beschrieb eine Furche, welche längs des postaxialen Seitenrandes des Gliedes verlaufe. HOWES (s. o.) bestätigte dieselbe und fand einmal bei der Beckenflosse einen Spalt an dieser Stelle, welcher jedoch nicht den proximalen, das Kniegelenk begrenzenden Theil des 2. Axengliedes erreichte²). Ein Fall völliger Ablösung ist von GEGENBAUR (1898, p. 517) abgebildet worden. Ich bemerke ausdrücklich, dass hierhin nicht der von SEMON citirte Befund HASWELL's und seine eigene Beobachtung gehört, da jene Spalten am präaxialen Rande des Axengliedes liegen, während die hier in Betracht kommenden postaxial gesucht werden müssen.

In meinen Exemplaren ist die postaxiale Furche dann, wenn mehrere Seitenradien vorhanden sind, sehr deutlich. Dieselbe beginnt in den Fällen, in welchen sie sich bis zum terminalen Rande verfolgen lässt, zwischen dem medialsten und dem auf ihn folgenden Seitenradius [Textfigur 21 b, d, g³]. Ist nur der innerste Radius oder gar keiner im Verband mit dem 2. Mesomer, so fehlt auch die Furche (Abbildung f). Eine Spaltbildung an dieser Stelle kommt in meinen Präparaten nicht vor.

Ich fasse diese Furche als Marke einer Verwachsung auf, welche sich zwischen den Basalia der in Rückbildung begriffenen Radien und dem 2. Axenglied vollzogen hat. Denn eine so grosse Zahl von Seitenradien, wie sie sonst beim 2. Mesomer ursprünglich vorhanden gewesen sein müsste (5), kommt bei keinem anderen Axenglied zur Beobachtung. Die Maximalzahl bei den folgenden Gliedern ist nach HOWES 3, in weitaus den meisten Fällen jedoch nur 2 oder 1. Wir wissen aber durch SEMON, dass entwicklungsgeschichtlich auch am ersten Axenglied Seitenstrahlen zur Anlage kommen. Dieselben sollen später ganz zu Grunde gehen oder in seltenen Fällen als Rudimente in dem Winkel zwischen 1. und 2. Mesomer erhalten bleiben.

Es erscheint mir dagegen viel wahrscheinlicher, dass von den fünf postaxialen Seitenradien des zweiten Axengliedes die lateralsten Reste derjenigen des ersten Mesomers sind. Denn der postaxiale Theil des 2. Mesomers, mit welchem diese Radien zusammenhängen (soweit sie überhaupt noch die Axe erreichen), ist nicht nur durch die oben beschriebene Furche oder Spalte gegen die übrige Partie des 2. Axengliedes begrenzt, sondern er reicht manchmal noch bis zu dem Gelenk zwischen 1. und 2. Mesomer (Textfigur 21 g, h). In anderen Fällen ist allerdings die gelenkige Verbindung mit dem 1. Axenglied rudimentär geworden; das postaxiale Stück endet dann schon früher, ehe es das Gelenk zwischen 1. und 2. Mesomer erreicht hat (besonders deutlich in Textfigur 21 a, e, wo dasselbe deutlich gegen den übrigen Theil des Mesomers abgesetzt ist).

1) In Fällen, wie in Textfigur 21 i, articulirt ein Strahl mit dem 2. und 3. Axenglied. Möglicher Weise leitet dies zu anderen über, wo der Strahl seinen Ursprung vom 2. Axenglied völlig auf das 3. verlegt hat. In der Abbildung h z. B. hat letzteres 3 postaxiale Parameren statt der gewöhnlichen Zweizahl. In der Reihenfolge h—g—d—i—e—f würden die Abbildungen dann die zunehmende Ablösung der betreffenden Strahlen verdeutlichen.

2) In der Beschreibung von HOWES ist bei der Beckenflosse der dorsale Rand als präaxial bezeichnet, während er in Wirklichkeit postaxial steht (p. 164).

3) In Fig. h scheint sie zwischen dem innersten Radius des 2. und dem 1. Strahl des 3. Mesomers auszulaufen. Es entspricht dies der Auffassung, dass letzterer ursprünglich das medialste postaxiale Paramer des 2. Axengliedes bildete (vergl. Anm. 1).

Da wir wissen, dass an Stelle der Furche in seltenen Fällen (GEGENBAUR, s. o.) ein Spalt vorhanden ist, sind Gefässlöcher nicht ohne Bedeutung, welche ich häufiger in der Furche fand (Textfigur 21e, h, i). Denn bei den übrigen Meso- und Parameren der *Ceratodus*-Flosse kommen Gefässlöcher nicht im Knorpel, sondern immer nur zwischen den Knorpeln vor. Es liegt also die Vermuthung nahe, dass die Gefässlöcher durch die Knorpelplatte des 2. Mesomers deshalb hindurchlaufen, weil statt der Furche einst eine Spalte vorhanden war.

Am präaxialen Rande des 2. Mesomers soll nach SCHNEIDER bei der Brust- und Bauchflosse ebenso wie an allen folgenden dieser Seite nur ein Seitenstrahl sitzen. Doch stimmt hiermit die eigene Abbildung des Autors nicht überein, welche bei der Beckenflosse 2 Parameren an dieser Stelle aufweist. Auch HOWES hat hier im Durchschnitt 2,1 Radien gefunden, während er für die Brustflosse die Beobachtung SCHNEIDER's bestätigt fand. Ich sehe bei meinen Flossen ganz regelmässig bei der vorderen Extremität einen präaxialen Radius, bei der hinteren deren zwei (oder mehr) mit dem 2. Mesomer articuliren, während die distalwärts folgenden Glieder je nur einen präaxialen Seitenstrahl tragen¹⁾. Dasselbe finde ich am 2. Mesomer, soweit die prä- und postaxiale Seite angegeben oder sonst unterscheidbar sind, bei allen mir bekannten Abbildungen von *Ceratodus*-Flossen (GÜNTHER, HUXLEY, v. DAVIDOFF, SCHNEIDER, HOWES, GEGENBAUR, WIEDERSHEIM, SEMON) bestätigt, obwohl dieselben sonst in vielen Details von einander abweichen. Man kann nach diesen Erfahrungen geradezu das Skelet einer Brust- von demjenigen einer Beckenflosse am leichtesten daran unterscheiden, dass das letztere 2 (oder ausnahmsweise mehr) präaxiale Radien am 2. Mesomer besitzt, dass dagegen ersteres nur einen an dieser Stelle aufweist.

In der Verlängerung des Interradialspaltes zwischen diesen beiden Seitenstrahlen des 2. Mesomers der Beckenflosse findet sich in dem Axenglied selbst die Spalte, welche nach HASWELL und SEMON ausnahmsweise die ganze präaxiale Partie des Knorpels von dem mittleren Theil abtheilt, indem sie bis zum 2. Gelenk (Kniegelenk) vordringt. In den meisten Fällen hört die Spalte innerhalb des Knorpels auf. In wenigen fehlt dieselbe überhaupt (Textfigur 21f).

Da es sich auch in diesem Falle um ein Skeletstück handelt, welchem ein überzähliger Radius ansitzt, wie bei dem postaxialen Abschnitt desselben Mesomers, so erscheint mir die Deutung HASWELL's und HOWES' gerechtfertigt, welche eine Verschmelzung eines Radius mit dem 2. Mesomer annehmen und den incompleten Spalt als einen Rest der ehemaligen Trennungslinie betrachten. Vergleicht man das Bild eines jungen Entwicklungsstadiums der Brustflosse von *Ceratodus*, in welchem SEMON die deutliche Anlage eines präaxialen Seitenstrahles des ersten Axengliedes fand (Taf. XV, Fig. 31 dieses Bandes), mit dem Skelet der ausgebildeten Beckenflosse, so fällt die Aehnlichkeit dieses embryonalen Seitenstrahles mit dem präaxialen Theil des 2. Mesomers und dem ihm ansitzenden Radius sehr in die Augen. Ich stimme also HOWES (1887, p. 8) bei, welcher im 2. Mesomer ein Verschmelzungsproduct eines ursprünglichen Axengliedes mit den Parameren des 1. Mesomers erkannte (vergl. aber p. 259).

Freilich halte auch ich die generelle Vermuthung HASWELL's und anderer Autoren nach ihm, dass die Axe der *Ceratodus*-Flosse überhaupt durch eine Verschmelzung von vorher isolirten Radien entstanden sei, in keiner Weise durch seinen Befund einer Verdoppelung des Axenstrahles für gerechtfertigt, da SEMON in der frühen Entwicklung eine einheitliche Anlage des Skelets fand, wie sie jetzt bei allen niederen Fischen nachgewiesen ist. Die doppelte Axe der HASWELL'schen Flosse kann ausserdem in sehr verschiedener Weise gedeutet werden. Mein Befund an der in Textfigur 21d abgebildeten Flosse zeigt, dass in abnormen

1) HASWELL hat einen Fall beschrieben (l. c. p. 8) und abgebildet (Fig. 6), bei welchem das 2. Mesomer der Beckenflosse nur einen präaxialen Seitenstrahl trägt. In diesem Falle waren aber am ersten Mesomer 2 präaxiale Strahlen vorhanden. Dieser Befund steht also in gutem Einklang mit meiner Auffassung.

Fällen¹⁾ von den Seitenradien ihrerseits Parameren (Seitenstrahlen II. Ordnung) erzeugt werden können. Von diesen hat einer eine stattliche Länge erreicht und ist parallel der Flossenaxe mit dieser verbunden. Er vertritt offenbar die hier (in Folge früherer Verletzung?) fehlenden kurzen Seitenstrahlen. Denkt man sich ein solches Paramer noch stärker als in meinem Fall entwickelt, so könnte es an Grösse und Lage wohl mit der ursprünglichen Axe in Concurrenz treten und ein Bild wie dasjenige HASWELL's (l. c. Fig. 6) bilden helfen. In diesem ist auch einer der Mittelstrahlen noch kürzer als der andere. Es braucht also in Fällen, wie dem letzteren, weder eine normal stattfindende Verschmelzung ausgeblieben zu sein (HASWELL) noch eine abnorme Spaltung stattgefunden zu haben (SEMON). Dies schliesst aber nicht aus, dass nicht bei *Ceratodus* Verschmelzungen von Radien unter einander oder von solchen mit Theilen der Axe an einzelnen Stellen vorkommen, wie dies bei Selachiern und Ganoiden so vielfach beobachtet ist (Meso-, Propterygium). Dass es sich speciell in der präaxialen Spalte des 2. Mesomers um einen secundären Erwerb der Flosse handelt, ist bisher, soviel ich sehe, durch nichts wahrscheinlich gemacht.

Bei der Brustflosse fehlt diese Spalte in meinen Exemplaren stets. Auch in den Abbildungen anderer Autoren ist nichts von einer solchen wiedergegeben. Es würde dies mit meiner Auffassung der Spalte als eines Restes der Trennungslinie zwischen dem 1. präaxialen Seitenradius und dem 2. Axenglied stimmen, da ersterer bei der Brustflosse fehlt. Die Furche, welche SCHNEIDER als Fortsetzung des 1. definitiven präaxialen Seitenstrahles (also desjenigen des 2. Mesomers) im 2. Axenglied der Brustflosse beschreibt, ist allerdings vorhanden. Sie ist aber in meinen Präparaten ziemlich seicht und wechselnd im Verlauf (Textfigur 21a—c). Aehnliche seichte Furchen finden sich auch an derselben Stelle bei den folgenden Mesomeren. Bindegewebsstränge, wie sie GÜNTHER (1871) und MIVART (1879) bei ein und demselben Exemplar an der kritischen Stelle beschrieben haben, werden secundär entstanden sein; denn zu Variabilitäten neigt der Flossenknorpel beim Lungenfisch ganz allgemein.

Vergleicht man das Zeugopodium der Amphibiengliedmaassen mit dem 2. Axenglied der *Ceratodus*-Extremität, so scheint mir nur die hintere Flosse des Lungenfisches eine Anknüpfung zu ermöglichen. Denn es bleibt, wie ich weiter unten noch begründen möchte, wesentlich der präaxiale Theil der Extremität sammt der Axe von dem ganzen Flossenskelet bei den Pentadactyliern übrig. Die Fibula und die Tibia sind deshalb, wie SCHNEIDER und SEMON wollen, dem Mittelstück des 2. Mesomers und dem präaxialen Abschnitt desselben zu vergleichen. Der postaxiale Abschnitt ist, wie schon manchmal bei der *Ceratodus*-Flosse selbst (Textfigur 21f), bei den höheren Thieren verschwunden. Dieser präaxiale Abschnitt ist aber nichts anderes als der ehemalige Seitenstrahl des ersten Axengliedes. Da ein diesem homodynamer Abschnitt bei der Brustflosse im ausgebildeten Zustande fehlt, so ist hier ein Vergleich mit einem Zeugopodium nicht mehr durchführbar. Nur in der Entwicklungsgeschichte taucht der präaxiale Seitenstrahl des 1. Axengliedes noch auf als Beweis dafür, dass die Vorfahren des *Ceratodus* ihn besaßen. Durch Vermittelung allein dieses entwicklungsgeschichtlichen Befundes lassen sich bei der Brustflosse der Dipnoer Ulna und Radius nachweisen. Der ausgebildete Fisch ist in einseitiger Weise differenzirt, indem er das Homologon des Radius (p. 262) verlor. Trotzdem ist die Dipnoerflosse die einzige unter denjenigen der niederen Fische, welche in ihrer Musculatur und ihrem Nervensystem Einrichtungen ähnlich denen der Pentadactylier besitzt.

1) Unregelmässigkeiten der Anordnung der Hornfäden in der Verlängerung des 3. präaxialen Paramers der betreffenden Beckenflosse rechtfertigen die Vermuthung, dass die Extremität ehemals verletzt war und sich regenerirte. Aeusserlich war an der Flosse nichts Abnormes zu bemerken. Bei einem anderen Exemplar war der distale Theil der Flosse glatt abgetrennt und die Wunde frisch vernarbt. — Auch bei *Protopterus* sind Spaltungen der Axe, welchen früher Bedeutung für die Genese der Flosse beigelegt wurde (ALBRECHT 1886), als Regenerationsformen von grosser Variabilität und Inconstanz nachgewiesen (Bi- und Trifidität: HOPLEY 1891, BOULENGER 1891).

β) Beziehungen zwischen der Musculatur des Pterygium und Chiridium.

SEMON hat in diesem Bande die Untersuchungen von v. DAVIDOFF (1883) über die Muskeln der Beckengliedmaasse des Lungenfisches in dem Sinne verwerthet, dass eine enge Anpassung der Muskeln nicht nur an das proximale Gelenk (zwischen Gürtel und Stylopodium), sondern auch an das zweite (zwischen Stylo- und Zeugopodium) stattgefunden habe. Die Uebereinstimmung zwischen Dipnoer- und Amphibienmuskeln bei den Extremitäten ist aber eine viel allgemeinere, wenn man die Flossen anderer Paläichthyer (Selachier, Ganoiden) dagegenhält. Für die letzteren wurde in den betreffenden Abschnitten dieser Abhandlung der Nachweis geführt, dass die Musculatur am knorpeligen Extremitätenskelet wesentlich mit ihren Ursprüngen befestigt ist. Dieselben sind, wie bei Squaliden gezeigt wurde (p. 178), ursprünglich auf die Rumpfwand und den Extremitätengürtel beschränkt gewesen, haben aber in dem grössten Theile der Flosse von den Basalia durch Ueberwanderung Besitz ergriffen. Bei Knorpel- und Knochenganoiden dehnen sie sich auch noch weiter terminalwärts, nämlich auf die Radien aus (p. 224, 235, 238 u. s. w.).

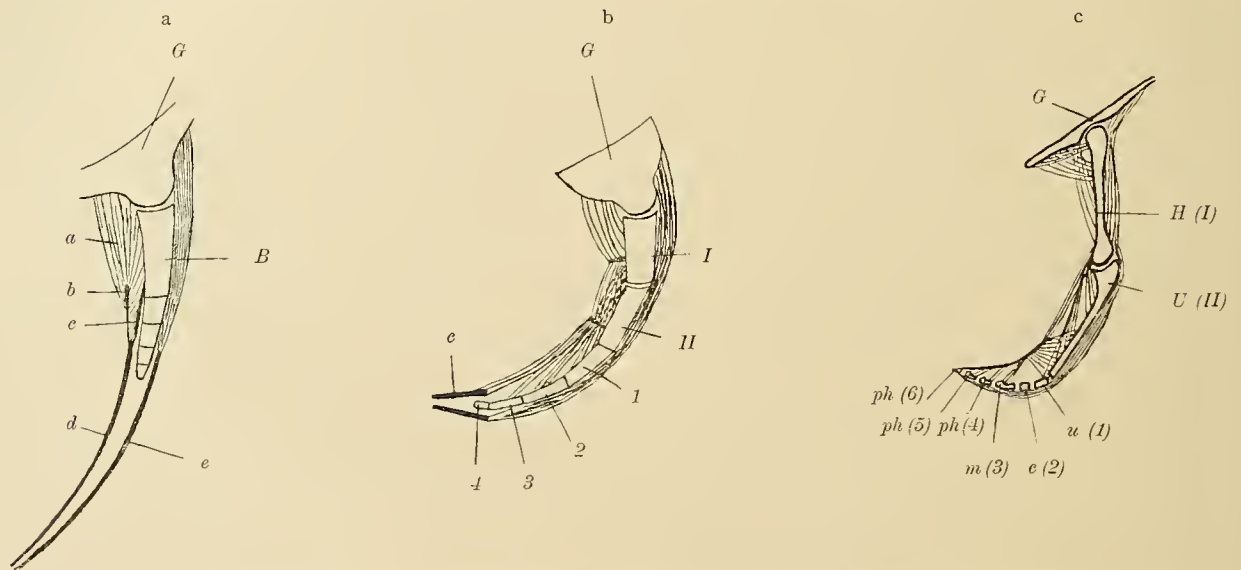


Fig. 22. a Längsschnitt durch die Squalidenflosse. *G* Stück des Schultergürtels, *B* Basale mit Radius von 4 Quergliedern, *a* contrahirter Hauptmuskel, aus *Mm. zono-keratoidei* und *Mm. pterygo-keratoidei* bestehend, *b* Zwischensehne zwischen beiden Kategorien von Muskelfasern, *c* Ursprungsehne der distalen *Mm. pterygo-keratoidei*, *d* activ, *e* passiv flectirter Hornfaden.

b Längsschnitt durch die beiden basalen Glieder des Axenstrahles der *Ceratodus*-Brustflosse (*I* und *II*) und durch den ersten präaxialen Seitenradius (*I—4*). *G* Schultergürtel, *e* Hornfaden. In der Musculatur der concaven Seite sind die Systeme der *Mm. zono-keratoidei*, *zono-ptyrgiales* und *ptyrgiales proprii* angegeben. Die von anderen Muskeln verdeckten Fasern sind mit punktirten Linien gezeichnet.

c Längsschnitt durch die Axe (*I, II*) und einen Seitenradius (*1—6*) der vorderen Extremität eines Urodels (*Necturus*). *G* Schultergürtel, *H* Humerus (*I. Mesomer*), *U* Ulna (*II. Mesomer*), *u* Ulnare (*1. Glied des Paramers*), *e* Carpale (*2. Glied des Paramers*), *m* Metacarpale (*3. Glied des Paramers*), *ph* Phalangen (*4.—6. Glied des Paramers*). Die Musculatur des Ober- und Unterarmes ist nach Fig. 1, Taf. XXVII, diejenige der Hand nach EISLER, 1895, Taf. X, Fig. 3 gezeichnet.

Die Insertionen der Muskeln dagegen sind weitaus ihrer Mehrzahl nach an den Hornfäden oder Knochenstrahlen des äusseren Skelets befestigt. Nur an dem prä- und postaxialen Rande der Flosse sind Muskelninsertionen in Verbindung mit dem inneren Skelet. Dieselben sind zum Theil (am präaxialen Rande) ein progressiver Erwerb, indem sie sich an einem spät entstandenen Theile des Skelets anheften (Propterygium) und hier einen neuen Muskel, den Abductor der Flosse, bilden. Zum Theil (am postaxialen Rande) sind sie Reste des ehemals hier befindlichen Flossenabschnittes des biserialen

Archipterygium. An die Fläche des Knorpelskelets sind nur Ursprünge von Muskelfasern angeheftet (Textfigur 10, p. 179, Kreuze vergl. p. 200). Speciell bei den Polypterinen, bei welchen nach den Angaben von KLAATSCH (1896) Insertionen von Muskeln auch an dieser (und an ihren Radien sogar *Ms. interessei s. pterygiales proprii*) vorkommen sollen, sind die Verhältnisse in dieser Beziehung nicht anders als bei anderen Ganoiden und als bei den Selachiern. Denn ich fand die Insertionen in Wirklichkeit auf die Marginalia beschränkt, die als ungegliederte und dazu noch verknöcherte Stäbe keine neue Winkelbewegung innerhalb der freien Flosse, sondern nur Specialisirungen der Action der letzteren in toto gestatten (p. 235, 236).

Bei den Pentadactyliern dagegen ist ein reiches und mannigfaltiges System von Muskeln vorhanden, welche nicht nur mit ihren Ursprüngen, sondern auch mit ihren Insertionen Angriffspunkte am inneren Skelet besitzen. Dadurch wird überhaupt erst die fünfzehige Extremität zu dem complicirten mehrarmigen Hebelsystem, welches sie zu Bewegungen auf dem Lande befähigt. An Stelle der langen Muskeln der Selachier- und Ganoidenflosse sind viele kurze Muskeln getreten, welche möglichst nur ein Gelenk überspringen und Knochen gegen Knochen bewegen können (Taf. XXVII, Fig. 1a).

Beim *Ceratodus* ist aber, besonders an den präaxialen Radien, dieselbe Differenzirung von Muskeln, welche am inneren Skelet inseriren, im Flusse, wie bei Amphibien. Nur ist die Specialisirung keine so beträchtliche; denn die oberflächlichen, am äusseren Flossenskelet inserirenden Muskeln sind noch ziemlich zahlreich. Die genaueren Nachweise hierfür finden sich in dem speciellen Capitel (p. 172 u. f.). Einen Ueberblick geben die halbschematischen Textfiguren 22 a, b, c, in welchen für einen Radius bei der Selachier-, Dipnoer- und Amphibienextremität genau die Ursprünge und Ansätze der Muskeln, deren Fasern allerdings numerisch in schematischer Weise dargestellt sind.

γ) Beziehungen zwischen dem Nervensystem des Pterygium und Chiridium und der Stellung beider zu einander.

Schliesslich giebt uns das Nervensystem der Extremitäten Aufschluss über die ursprüngliche Stellung derselben zum Rumpf und erhärtet dadurch den Nachweis innigerer Beziehungen zwischen den Dipnoer- und Amphibiengliedmaassen, als zwischen letzteren und denen anderer Fische. In Fig. 1 A, Taf. XXVII, habe ich die Muskeln und ventralen Nerven einer vorderen Extremität von *Necturus* wiedergegeben. Der Plexus wurde im Präparat in seine serialen Bestandtheile aufgelöst. In der Figur ist durch die den Nervenendästchen beigegebenen Ziffern angezeigt, aus welchen serialen Componenten dieselben sich zusammensetzen. Während die Schulter- und Oberarmmuskeln vom ganzen Plexus innervirt werden, wird die Vorderarm- und Handmuskulatur ausschliesslich von den beiden hinteren Gliedmaassennerven (4, 5) versorgt. Ihre Aeste sind innig mit einander verflochten. Ein deutlicher Unterschied in der Vertheilung der Aeste von Nerv 4 und 5 besteht jedoch darin, dass die radialwärts liegende Musculatur eine grössere Zahl von Nervelementen des vierten Metamers, die ulnarwärts liegende von solchen des fünften Metamers empfängt. In der Figur habe ich den grösseren Antheil serialer Bestandtheile eines Nervenastes gegenüber dem geringeren durch Verdoppelung der betreffenden Ziffer und durch grösseren Druck derselben hervorgehoben.

Der Befund an der Vordergliedmaasse von *Necturus* bietet eine Reihe Vergleichspunkte mit den bei niederen Fischen gewonnenen Resultaten. Einmal tritt das, in der menschlichen Anatomie lange bekannte, aber erst genau von HERRINGHAM (1887) geprüfte, und besonders von FÜRBRINGER (1888) für Tetrapoden insgemein formulirte gesetzmässige Verhalten zu Tage, dass die cranial entspringenden Nervelemente (z. B. von Nerv 3) proximalere Partien der Extremität versorgen als die caudal entspringenden. Dasselbe fand ich bei allen daraufhin näher untersuchten Gliedmaassen niederer Fische. Andererseits lässt sich nach der Anordnung der Nerven eine dorsale und ventrale Fläche der Extremität unterscheiden, indem, wie bei

Selachiern, Ganoiden und Dipnoern, jeder Gliedmaassennerv in Hauptäste zerfällt, von welchen die einen in ihren Verzweigungen lediglich auf die ventrale Muskelgruppe, die anderen auf die dorsale beschränkt sind. (Die dorsalen Nerven sind in meiner Figur nur an ihren Anfängen wiedergegeben und durch graue Schraffirung bezeichnet.) Auch dies hat FÜRBRINGER (1873 und folgende Jahre) bei Amphibien und höheren Pentadactyliern als gesetzmässig nachgewiesen und durch die Ausdrücke *Rami thoracici et brachiales superiores* und *inferiores* zum Ausdruck gebracht. Schliesslich lässt sich an der *Necturus*-Extremität, wie bei den Fischflossen, ein cranialer oder präaxialer Rand von einem caudalen oder postaxialen unterscheiden, indem analog höheren Thieren die Musculatur der Radialseite an Oberarm, Unterarm und Hand zahlreichere vorn am Rumpf entspringende Nerven, diejenige der Ulnarseite zahlreichere hinten entspringende Nerven empfängt. Ich befinde mich also in Uebereinstimmung mit vielen älteren Autoren (CUVIER u. a.) und namentlich mit HUXLEY (1876), dessen Argumenten GEGENBAUR sofort¹⁾ (1876) und viele andere Autoren (KÖLLIKER 1879, GÖTTE 1879, PATERSON 1887, HATSCHKE 1889, WIEDERSHEIM 1892, EISLER 1889, EMERY 1894, 1897 u. a. m.) in der Folge beitraten.

Die Anordnung der ventralen und dorsalen Musculatur zu einander und die Stellung des cranialen und caudalen Gliedmaassenrandes bei *Necturus* findet unter den niederen Fischen einzig und allein, so weit unsere jetzigen Kenntnisse reichen, ihre Parallele bei der Beckenflosse des *Ceratodus*. Nur bei dieser ist die ventrale Musculatur wie bei den Vorderarm- und Handmuskeln von *Necturus* zu einer medialen Musculatur geworden. Bei den Selachiern, Ganoiden und Teleostiern verharret dieselbe entweder in ventraler Lage oder nimmt eine laterale Stellung ein. Bei den hier verglichenen Extremitäten von Dipnoern und urodelen Amphibien ist aber der Grund dieser Uebereinstimmung eine beiden eigene, in gleicher Richtung erfolgte Axendrehung; denn bei beiden schaut der craniale Rand ventralwärts, der caudale dorsalwärts. Ein Vergleich der beiden auf Taf. XXVII wiedergegebenen Extremitäten und ihrer Nerven zeigt, dass sich die linke Bauchflosse eines *Ceratodus* und die rechte Brustflosse eines *Necturus* in dieser Beziehung wie die beiden Hälften eines Gliedmaassenpaares verhalten.

Diese von HATSCHKE (1889) besonders hervorgehobene Uebereinstimmung, welche auch bei der vorderen *Ceratodus*-Flosse dann hervortritt, wenn dieselbe nach unten herunter geklappt und um 180° gegen ihre Ruhelage gedreht ist, besitzt deshalb besondere Wichtigkeit, weil die hintere Extremität von *Ceratodus* die einzige unter den Fischgliedmaassen ist, welche eine solche Lage dauernd auch in der Ruhe besitzt. Sie ist die Stützstellung der Fischflosse. Wie nach SEMON und THOMSON (1899) schon oben mitgeteilt (p. 154), kann aber auch die vordere Extremität von *Ceratodus* unter Umständen annähernd eine solche Stützstellung gewinnen. Die Vordergliedmaasse der Amphibien hat dieselbe als dauernde Einrichtung erworben, da auch sie als Stützorgan wie die Hinterflosse des *Ceratodus* benutzt wird, und besitzt in Folge dessen eine um 180° gegen die ruhende Brustflosse des Lungenfisches gedrehte Lage. So gut dieser Befund mit den physiologischen Verhältnissen übereinstimmt, so wenig giebt er SCHNEIDER (1886, 1887) Recht, welcher in der Stellung der *Ceratodus*-Flosse diejenige der Pentadactylier erkennen zu können glaubte. SEMON hat sich in seiner Arbeit (1898) vorsichtiger ausgedrückt und diese Frage noch unentschieden gelassen.

Die hintere Extremität der urodelen Amphibien und aller höheren Pentadactylier dreht, wie wir durch die neueren Untersuchungen über die Extremitätenplexus wissen, ganz allgemein ihre dorsale Fläche nach aussen und ihre ventrale Fläche nach innen, so dass der präaxiale Rand ventralwärts und der postaxiale dorsalwärts schaut. Sie besitzt also dieselbe Stellung wie die Bauchflosse des *Ceratodus* oder, nach den oben mitgetheilten Befunden, wie die Vordergliedmaasse des *Necturus*.

1) Trotzdem citiren manche Autoren (THOMPSON 1886, HATSCHKE 1889, EMERY 1897) immer noch diesen Autor für die Ansicht, dass der Radius am postaxialen Rand der pentadactylen Extremität liege, wie GEGENBAUR allerdings vor 1876 annahm. Dieselbe wurde in der That nach HUXLEY noch vertreten von THACHER (1878 A), BAUR (1885), POLLARD (1892) und KLAATSCH (1896).

Bei den wasserlebenden urodelen Amphibien ist von der Gegendrehung der beiden Extremitätenpaare, wie sie bei höheren Pentadactyliern allgemein zur Beobachtung kommt, nichts vorhanden. Dieselbe kommt unter Anderem dadurch zu Stande, dass sich die Vordergliedmaasse mehr zum Greiforgan beim Vorwärtsziehen des Körpers heranbildet und dabei eine Rotation erleidet. So wird die Pronation mit gekreuzten Vorderarmknochen als Grundstellung der terrestrischen Gliedmaasse erzeugt. Bei der Hintergliedmaasse fehlt bei der Grundstellung des in ursprünglicherem Zustand verharrenden Extremitätentheiles (Unterschenkel und Fuss) die Rotation des Zeugopodium; es ist die stützende Function bei ihr reiner erhalten, indem die Extremität mehr als die vordere zum Abstossen und Fortschieben, schliesslich beim Menschen ausschliesslich zum Tragen und Fortbewegen des Körpers benutzt wird. Im Detail nachzuweisen, wie sich diese Veränderungen vollzogen haben, ist nicht Sache dieser Abhandlung. Ich verweise auf die reiche, hier vorliegende Literatur, welche freilich in manchen Punkten einer Sichtung und Neubearbeitung des ihr zu Grunde liegenden Materiales bedarf. Für unsere Zwecke genügt es, die Anknüpfung der Amphibien an die niederen Fische zu erreichen.

Eine schwierige Frage ist endlich diejenige, ob in dem Gliedmaassenskelet der Amphibien eine Axe ähnlich derjenigen des Archipterygium nachzuweisen und wo dieselbe zu suchen sei. Aber auch hier giebt der Vergleich mit der *Ceratodus*-Flosse Anhaltspunkte, welche weder Selachier noch Ganoiden bieten. Man muss freilich die hintere Extremität des *Ceratodus* in Betracht ziehen, da diese in ihrer Stellung und Erhaltung ihres Skelets von der vorderen verschieden ist. Bei ihr ist der präaxiale Radius des 1. Gliedes, welcher bei ausgebildeten Thieren meistens mit dem 2. Axenglied partiell verwächst, sehr stark und breit. Denkt man sich den postaxialen Abschnitt des 2. Axengliedes, welcher durch die secundäre Angliederung entsprechend liegender Radien des 1. Mesomers entstanden ist, fort, so fehlt wenig, dass dieser Knorpel nicht gerade so breit wie das Axenglied ist (Taf. XXVII, Fig. 2, Textfigur 21 d, p. 256). Beim *Ceratodus* ist also bereits die Entwicklung des 1. präaxialen Paramers so weit fortgeschritten, dass aus der Aehnlichkeit der Stärke von Ulna-Radius oder Tibia-Fibula bei urodelen Amphibien kein Gegengrund gegen ihre ursprüngliche Verschiedenheit abgeleitet werden kann.

Wir wissen durch GEGENBAUR (1876), dass das Skelet des Zeugopodium der Amphibien eine Axe daran erkennen lässt, dass bei der hinteren Extremität, wie die Untersuchungen von WIEDERSHEIM (1876) ergeben, manchmal das Intermedium zwischen die beiden Unterschenkelknochen eindringt und an der Fibula angeheftet ist. Wie die Tibia als präaxialer Strahl des Femur sich zu erkennen giebt, so ist dadurch das Intermedium als präaxialer Strahl der Fibula erwiesen. Diese erscheint in Folge dessen als Fortsetzung des Femur, also der Axe. Eine Bestätigung für die Untersuchungen von GEGENBAUR (1876) an der vorderen Extremität von Salamanderlarven hat SHITKOV (1899)¹⁾ in der Ontogenese von *Isodactylium schrenkii* gefunden, indem er nachwies, dass die vordere Extremität dieses urodelen Amphibs „hinsichtlich der Lage und Grösse des Intermedium gleichsam das Stadium des Hinterfusses des erwachsenen Thieres durch-

1) Der Autor legt grosses Gewicht darauf, dass das Intermedium in noch jüngeren Stadien zwischen Radius und Ulna in der Verlängerung des Humerus liegt. Da aber immer ein beträchtlicher Zwischenraum zwischen beiden Anlagen besteht, welcher durch embryonales Bindegewebe ausgefüllt ist, so besteht meines Erachtens kein Grund, das Intermedium als Fortsetzung des Humerus und also der Axe aufzufassen, wie dies SHITKOV auf Grund dieses embryologischen Befundes thut. — Paläontologische Funde einer Berührung zwischen Intermedium und Stylopodium bei fossilen wasserlebenden Reptilien (MARSH 1880, THOMPSON 1886 u. a.) können deshalb nicht als Beweis für die primitive Natur dieser Verbindung gelten, weil die betreffenden Thiere ihre Skeletform Reductionen der Länge der Querglieder verdanken, welche eintraten, als sie das Land- mit dem Wasserleben vertauschten (BAUR 1886). Ich kann deshalb denjenigen Autoren nicht beistimmen, welche die Extremitätenaxe durch das Intermedium legen wollen (HUXLEY 1876, KLAATSCH 1896, EMERY, ?1897). Ebenso wenig halte ich die auf einer Verwechslung des prä- und postaxialen Randes der Extremität (s. p. 262 Anm.) basirende Ansicht, dass die Axe durch den Radius (resp. Tibia) zu legen sei, für gerechtfertigt, noch die rein negative Meinung, es sei überhaupt keine primitive Axe im Zeugopodium nachweisbar (THOMPSON 1886, EMERY 1887, BAUR 1888, WIEDERSHEIM 1892, MOLLIER 1895, 1897).

macht“ (p. 252, vergl. auch Fig. 3, p. 251). Auch hier verhält sich das Intermedium zur Ulna wie ein Paramer zu seinem Mesomer.

Weiter terminalwärts wachsen die Schwierigkeiten beträchtlich, bei den Versuchen unter den Hand- und Fusswurzelbestandtheilen der Urodelen-Gliedmaassen die Axe wiederzuerkennen. Dieselbe ist im postaxialen Theile von Hand und Fuss zu suchen, da die Axe durch den entsprechenden Abschnitt des Zeugopodium verläuft. GEGENBAUR lässt sie bekanntlich durch den 5. Finger (Kleinfinger, Kleinzehe) verlaufen und glaubt also, dass der ganze postaxiale Radialbesatz des Archipterygium bei den Pentadactyliern nicht bestehe. Dieser Ansicht steht allerdings nichts Entscheidendes von den mir bekannten Thatsachen entgegen. Andererseits ist es bei den ausserordentlich wechselnden Befunden im Carpal- und Tarsaltheil der pentadactylen Extremitäten kaum möglich, eine feste Basis für dieselbe durch Untersuchungen am Skelet zu gewinnen. In demselben Sinne hat sich auch die Mehrzahl der Embryologen ausgesprochen.

Auf der Volarseite der Hand des *Necturus* finde ich zwei Nervenstämme, welche sich am Unterarm aus dem bei Amphibien bekanntlich proximal aus einem Stamme bestehenden Armplexus (R. brachialis inf.) differenzieren und mit Seitenästen die Vorderarm- und Handmusculatur versorgen. Diese beiden Stämme liegen zum 4. und 5. Strahl der Extremität ähnlich wie die Längsstämme der *Ceratodus*-Flosse zum Axenstrahl (vergl. Taf. XXVII, Fig. 1 B und 2). Obgleich ich einen so vereinzelt Befund keineswegs als Beweis dafür ansehe, dass in einem der beiden Finger die Axe zu suchen sei, so wollte ich ihn doch nicht ganz unerwähnt lassen. Denn hier zeigt sich vielleicht ein Weg, auf welchem man, nämlich durch Untersuchung des Nervenverlaufes bei einem grösseren vergleichenden Material niederer Pentadactylier, zu sicheren Ergebnissen gelangen könnte.

Im folgenden Capitel werde ich die Frage nach der Lage des Axenstrahles im distalen Theile der Extremität nochmals an der Hand der allgemeinen Gesichtspunkte berühren, welche sich über die Entstehung der Gliedmaassen aufstellen lassen. Nach diesen erscheint mir die Annahme GEGENBAUR's, nach welcher die Axe in dem präaxialen Randstrahl enthalten ist, oder doch eine ganz ähnliche, nach welcher dieselbe nahe dem präaxialen Rande von Hand und Fuss (z. B. im 4. Strahl nach der üblichen Zählung) zu suchen wäre, der Wahrheit am nächsten zu kommen.

V. Die Archipterygiumtheorie.

Wenn man die Entstehung der Extremitäten höherer Wirbelthiere (Tetrapoden, Pentadactylier) zu verstehen versucht, genügt es nicht, den Anschluss bei der einen oder anderen Form von paarigen Flossen der Fische, der niedrigsten sicher bekannten Extremitätenthier unter den Vertebraten, zu suchen. Denn bei diesen ist durch die Anpassung an das Wasserleben allenthalben eine einseitige Ausgestaltung der Extremität dank der Plasticität, welche allen niederen Gliedmaassen zukommt, eingetreten und hat selbst bei im übrigen Körperbau primitiven Formen die Gliedmaassen vom ursprünglichen Zustande abgeführt. Es ist dies z. B. in besonderem Maasse bei den Haien der Fall. Eine Lösung der Frage ist deshalb nur dann zu erhoffen, wenn unter den Fischflossen (Pterygia, Ichthyopterygia) die gemeinsame Urform erkannt und deren Entstehung begründet ist. Von dieser aus muss man versuchen, die Gliedmaassen der Landwirbelthiere (Chiridia, Cheiropterygia) abzuleiten.

Es ist deshalb nicht gerechtfertigt, die GEGENBAUR'sche Archipterygiumtheorie in zwei isolirte Theile aufzulösen, wie es heute vielfach geschieht. Die Frage nach der Herkunft des biserialen Pterygium lässt sich nicht losrennen von derjenigen nach der Entstehung des Chiridium. Denn das Chiridium ist nicht ohne Kenntniss der Vorläufer jetzt bestehender biserialer Flossenformen von einer der letzteren ableitbar.

Ich stelle deshalb in diesem Capitel zum Schluss alle positiven Argumente zusammen, welche in den Rahmen eines geschlossenen Versuches der Ableitung unserer Gliedmaassen aus der Urform der bisher untersuchten Extremitäten niederer Vertebraten fallen. Ich entnehme dieselben den hierüber handelnden literarischen Quellen und den in dieser Abhandlung niedergelegten Befunden. Wegen vieler mehr nebensächlicher Punkte und der specielleren kritischen Prüfung des einschlägigen Materiales und der Literatur verweise ich besonders auf die Uebersichtscapitel der einzelnen Abschnitte dieser Abhandlung.

Im Detail auf den Gegensatz zwischen der Lateralalten- und Kiemenbogen-Hypothese einzugehen, liegt mir hier fern, da ich schon in anderen Arbeiten meine ablehnende Stellung der ersteren gegenüber zu begründen versucht habe (1898 A, p. 422—440, und 1899, p. 601—608), und bereits von SEMON eine sehr klare kritische Widerlegung derselben in diesem Bande selbst gegeben worden ist (p. 99 u. f.).

Ursprüngliche Form des Extremitätenskelets.

GEGENBAUR¹⁾ äusserte seine Kiemenbogenhypothese im Anschluss an seine epochemachenden Untersuchungen über das Extremitätenskelet. Er stützte sie nämlich auf die allen Flossen, welche er genauer studirte, im Grunde gemeinsame Eigenschaft, dass ein Extremitätenbogen in der Rumpfwand und ein mit ihm articulirender Radius (Axenstrahl, Metapterygium) in der freien Flosse die constantesten, deshalb wichtigsten und ältesten Einrichtungen des inneren Skelets bilden. An dem Skeletstab der freien Flosse können in der verschiedensten Anordnung Seitenradien angeheftet sein, und diese können ihrerseits durch Verschmelzung neue Platten (Basalia pro- et mesopterygii) bilden, welche neben dem ursprünglichen Axenstrahl mit dem Extremitätengürtel articuliren (Selachier, Ganoiden-Brustflosse) oder, falls derselbe verloren gegangen ist, an seine Stelle treten (Ganoiden-Bauchflosse).

Weder die Angriffe seitens HUXLEY's (1876), welcher die Bedeutung des Metapterygium als Axenstrahl in Frage stellte und statt dessen das nach GEGENBAUR secundär entstandene Mesopterygium²⁾ für primitiv erklärte, noch die von vielen anderen Autoren (THACHER, MIVART, BALFOUR, HASWELL, DOHRN, WIEDERSHEIM, RABL, MOLLIER u. A.) bald als Vermuthung aufgestellten, bald durch indirecte Schlüsse oder vermeintliche Beobachtung gestützten Einwände, dass die Axe der freien Flosse ursprünglich nichts Einheitliches gewesen, sondern gerade so, wie nach GEGENBAUR die Basalia meso- und propterygii, ebenfalls ein Verschmelzungsproduct aus vielen einzelnen Theilen sei, haben die Bedeutung des Extremitätenbogens und Axenstrahles als primitiver Anlagen schmälern können. Denn die Constanz des Metapterygium bei niederen Fischen namentlich in Fällen, in welchen alle anderen Basalia fehlen (*Scymnus*), und andererseits die Inconstanz des Mesopterygium in Vorkommen und Verbindung mit dem Extremitätengürtel, welche HOWES, ein Schüler HUXLEY's, zugeben musste (1887, p. 14), machten GEGENBAUR die Vertheidigung seiner Ansicht gegenüber den Einwänden von HUXLEY leicht. Vollends die Entdeckung fossiler Selachier mit unverkennbarem biserialen Radienbesatz (Pleuracanthiden) stellte die Bedeutung des Metapterygium als allein in Frage kommenden Skelettheiles bei Bestimmung der Extremitätenaxe für die Brustflosse ausser Frage. Eine gleich glänzende Bestätigung lieferte die Paläontologie neuerdings in den gut er-

1) In den verschiedenen Publicationen des Autors, welche diesen Gegenstand behandeln, sind der Hauptgedanke und seine Begründung stets dieselben geblieben. Im Einzelnen jedoch hat GEGENBAUR stets den jeweiligen Fortschritten unserer Kenntniss von dem Bau niederer Extremitäten Rechnung getragen und deshalb wiederholt Aenderungen (namentlich über die Entstehung der Seitenradien und deren Weiterbildung) vorgenommen. Ich gehe auf diese Modificationen, welche GEGENBAUR selbst stets hervorgehoben hat, nicht näher ein, sondern folge seiner neuesten Darstellung in der Form, welche er selbst für die wahrscheinlichste erklärt hat (1898, p. 462).

2) Der Versuch MIVART's (1879, p. 480), das Propterygium als Stammstrahl zu proclamiren, ist eine blosse, vom Autor selbst nicht näher begründete Idee geblieben.

haltenen Resten von Cladodontiden¹⁾ (*Cladodus*, *Symmorium*) nicht nur für die Ursprünglichkeit der im Metapterygium repräsentirten Axe, sondern auch für die secundäre Entstehung der übrigen Basalia durch Concrenscenz von Radien. Denn bei diesen ist die Axe mit reichem uniserialem Radienbesatz, wie bei recenten Squaliden, vorhanden. Ausserdem aber existiren zahlreiche, noch sämmtlich frei neben einander liegende Radien, welche neben der Axe mit dem Schultergürtel articuliren (COPE, 1893—95, TRAQUAIR, 1897, C. BROWN, 1900). Schliesslich verrathen auch die neurologischen Befunde an recenten Selachiern durch das Vorkommen eines Plexus prae- und postaxialis und die gleiche Lage derselben zum Metapterygium wie bei *Ceratodus* zum Axenstrahl (p. 196, Textfigur 15) die Homologie beider Skelettheile.

Für die Einheitlichkeit der Anlage von Gliedmaassengürtel und Axenstrahl in der freien Flosse treten fernerhin alle zuverlässigen Untersucher ein, welche die embryonale Entwicklung dieser Skelettheile untersucht haben. BALFOUR (1881 A, B), A. SCHNEIDER (1890 A), RABL (1892) und MOLLIER²⁾ (1892, 1893) haben bei Selachiern (Squaliden und Batoiden), MOLLIER (1897) bei Ganoiden, SEMON (1898) bei Dipnoern übereinstimmend gezeigt, dass das Extremitätenskelet als eine einheitliche Spange (Basipterygium BALFOUR's) auftritt. Diese liegt zum Theil in der freien Flosse, zum Theil in der Rumpfwand und stellt die gemeinsame Anlage von Gliedmaassenaxe und -gürtel dar. Denn erst in der Weiterentwicklung bildet sich im Vorknorpele das Schulter- resp. Hüftgelenk aus und sondert die proximale (meist vorher schon von Nerven durchbohrte und an diesen Einschlüssen erkennbare) Partie von der distalen. Die erstere, von Anfang an in dorso-ventraler Richtung breiter als der distale Theil, wächst weiter nach oben und unten aus, bis die definitive Form des fertigen Gliedmaassengürtels erreicht ist. Die letztere treibt Sprossen wesentlich nach einer Richtung (Selachier, Ganoiden) oder nach zweien (*Ceratodus*) und erzeugt auf diese Weise das definitive Skelet der fertigen freien Flosse. Immer aber bleibt die Einheitlichkeit der in einem Guss angelegten Skeletstücke (Gürtel und Axe nebst Radien) gewahrt. Selbst die später auftretenden Gelenke oder gelenkartigen Spalten sind nach BERNAYS (1878) und SEMON (1898, 1899 B) unvollständige Trennungen, da der Vorknorpele, wenn auch in modificirter Form, zwischen den Theilstücken ganz oder zum Theil erhalten bleibt.

Alle Autoren, welche im Gegensatz dazu eine Entstehung des Skelets aus einzelnen, secundär mit einander verschmelzenden Stücken annehmen, können die zum Theil gerade von ihnen persönlich begründete und durch exacte, zuverlässige Angaben belegte Thatsache der Einheitlichkeit der Skeletanlage von Gürtel und freier Extremität nur so umgehen, dass sie dieselbe für eine Cänogenese, d. h. für eine Abweichung der individuellen Entwicklung von dem phylogenetischen Gange der Ausbildung erklären. Denn die vermeintlichen directen Beobachtungen von Connascenz isolirt angelegter Radien zu einem einheitlichen Basipterygium bei Selachiern und Ganoiden (WIEDERSHEIM, 1892)³⁾ haben sich als irrthümliche herausgestellt (MOLLIER, 1892, 1893; RABL, 1892). Die Gründe für die cänogenetische Umdeutung der einheitlichen Anlagen in getrennte Componenten stützen sich zum Theil auf den Bau der Musculatur und des Nervensystems, welche später in Zusammenhang mit dem Skelet treten. Diese Systeme sollen nach RABL und MOLLIER in der Extremität streng metameren Bau besitzen und, da sie die Skeletelemente erzeugen sollen, diesen ihr metameres Gefüge aufprägen. Von diesen Annahmen setzt sich die erstere in völligen

1) Vergl. p. 197 Anm. Es ist hervorzuheben, dass die von NEWBERRY (1889) beschriebenen *Cladodus*-Arten ihrer unvollständig erhaltenen Flossen wegen namentlich von DEAN (1894, 1896) als Beweismittel gegen das Bestehen einer Axe bei ursprünglichen Flossen verwerthet und von anderen auch acceptirt wurden (EMERY, 1897). Durch die jetzt complet vorliegenden Exemplare ist dem der Boden entzogen.

2) MOLLIER untersuchte das jüngste Stadium (Prochondralanlage). Sein Zeugnis ist deshalb von besonderer Wichtigkeit.

3) Aus dem Wortlaut des Textes bei DOHRN (1884, p. 173) geht nicht mit Sicherheit hervor, ob der Autor die Verschmelzung gesehen haben will, oder ob er sie nur postulirt.

Gegensatz zu den thatsächlichen Beobachtungen. Denn der Bau des Muskel- und Nervensystems der Gliedmaassen selbst ist zu keiner Zeit, zu welcher überhaupt Skelettheile existiren, rein metamer. Wohl sind die Elemente, aus denen die Anlagen der schon seit A. MONRO (1785) als spinal bekannten Extremitätenmusculation abstammen, metamere, da die Rumpfmusculation segmental gebaut ist und von ihr die Bausteine für die Anlage der Gliedmaassen zu irgend einer Zeit geliefert werden müssen. Aber die Zeichen metamerer Abkunft gehen beim Eintritt der Musculatur in die Extremitätenleisten alsbald verloren. So kommt es, dass diejenigen Muskeln, welche in Beziehung zum Skelet treten, ihrer Entwicklung und ihrer Innervation nach nicht metamer gebaut sind (BRAUS, 1898, p. 440 u. f.; 1899, p. 608 u. f.).

Ferner aber geräth die Behauptung RABL's, dass sich die Musculatur ein von Anbeginn an mit ihr concordantes Skelet aufgebaut habe, überall in Conflict mit den Thatsachen. Denn eine Uebereinstimmung der Zahl der Muskelanlagen mit der Zahl der Knorpelradien ist nicht vorhanden, und die darauf basirte Formel RABL's hat sich als unrichtig erwiesen (vergl. MOLLIER's Modification der Formel, 1894, p. 153, und BRAUS, 1898 A, p. 445 u. f.; 1899, p. 610). Damit ist der hieraus abgeleitete Beweis des Autors selbst hinfällig. Andererseits treten directe Abweichungen zwischen der Lage von Radialmuskeln und Knorpelradien überall in der Entwicklung (BRAUS, 1899, p. 579) und beim ausgebildeten Thier (siehe diese Arbeit, p. 181) zu Tage. Der wahre Sachverhalt zeugt gerade entgegengesetzt der Meinung RABL's für eine ursprüngliche Discrepanz zwischen Muskel und Skelettheilen, welche erst allmählich und successive einer annähernden oder völligen Concordanz beider Platz macht. Diese Umbildungen sind freilich von grösster Bedeutung für die weitere Entwicklung und Ausbildung der Function der Gliedmaassen, wie ich weiter unten ausführlicher hoffe zeigen zu können. Sie sind aber ohne Belang für die ursprüngliche Entstehung derselben.

Eine andere Reihe von Gründen, welche für die cänogenetische Umdeutung der einheitlichen Skeletanlagen in ehemals getrennte Radien angeführt werden, geht von der Vorstellung aus, dass die Flossen ursprünglich einen absolut oder relativ (im Verhältniss zur Rumpflänge) ausgedehnteren Verband mit der Rumpfwand in cranio-caudaler Richtung besessen hätten als jetzt, und dass erst durch die Verkleinerung dieser Flossenbasis (Concentration) die Verschmelzung der einst freien Radien zu Stande gekommen wäre.

Diese Vorstellung ist selbst wieder eine Hypothese, welche aufs engste mit der Lateralfaltenhypothese verknüpft ist. Die Gründe für dieselbe kann ich aber, wie ich bereits früher (1899, p. 604–608) ausführlich dargethan habe, nicht gelten lassen. Dass geringe Verkleinerungen und Einengungen namentlich bei breiten Flossen hier und da vorkommen, soll nicht geleugnet werden. Ich konnte im Gegentheil selbst derartige Prozesse bei Selachiern verfolgen (1899, p. 519 u. ff.). Der überwiegenden Hauptsache nach sind aber die breiten Flossen nach den übereinstimmenden Zeugnissen der Entwicklungsgeschichte (BRAUS, 1899, p. 521, 560) und vergleichenden Anatomie (1898 A, p. 414 u. f.) erst aus schmalen entstanden.

Ich sehe deshalb, wie GEGENBAUR selbst (1895), in der allen Paläichthyern gemeinsamen einheitlichen Skeletanlage keine Cänogenese, sondern halte sie wegen der Uebereinstimmung mit der überall in der Morphologie dieser Thiere zu Tage tretenden Constanz und Einheitlichkeit des Gliedmaassengürtels und der Axe bei der freien Flosse für einen glücklichen Fall completer Persistenz uralter Zustände.

Ein in der Rumpfwand liegender Gürtel mit einem Besatz allerdings nicht von einem, sondern von mehreren oder gar vielen freien Radien kommt ausser der primitiven Extremität nur den Visceralbogen niederer Vertebraten zu. Andere ähnliche Einrichtungen kennen wir bei den niedersten Vertebraten, die allein hier in Betracht kommen können, nicht. Diese Aehnlichkeit und die homodyname Lage waren es vornehmlich, welche GEGENBAUR bestimmten, das Extremitätenskelet in genetische Beziehung zum Kiemen-

skelet zu bringen. Es kommt natürlich auf den Grad der Uebereinstimmung beider Skelete, auf das Vorhandensein typischer sonstiger Kiemenbogenmerkmale bei den Extremitäten oder auf Einrichtungen bei den jetzigen Kiemen an, welche die Entstehung von Extremitäten aus ehemaligen Homodynamen von ihnen vorbereiten konnten, wenn man diese Hypothese auf ihre Richtigkeit prüfen will. Eine Aehnlichkeit allgemeiner Art könnte auch dann vorhanden sein, wenn das Skelet der Gliedmaassen selbständig entstanden wäre, ohne dass Kiemenbogen bei seiner Bildung irgendwie betheiligt zu sein brauchten. Allerdings wäre auch hier erst zu prüfen, inwieweit eine selbständige, nicht vererbte Entstehung von Knorpel aus indifferentem Gewebe an dieser Stelle möglich ist. Nach den bekannten Thatsachen gehört sie, wenn sie überhaupt völlig unabhängig von axialen Rumpfelementen auftritt, jedenfalls zu den grössten Seltenheiten.

Wanderungen der Gliedmaassen.

Ehe aber ein Vergleich durchgeführt werden kann, muss zunächst eine Frage berührt werden, welche wohl den meisten mit morphologischen Erfahrungen weniger vertrauten Forschern von vornherein die Vorstellung einer Ableitung der Extremitäten von Kiemenbogen sehr sonderbar erscheinen liess, die Frage nämlich: Wie soll die völlig differente Lage der Gliedmaassen, namentlich der hinteren, von derjenigen der Kiemenbogen erklärt werden? Es hat sich gezeigt, dass darin in Wirklichkeit keine besondere Schwierigkeit für die Kiemenbogenhypothese besteht. Denn zahlreiche Untersucher haben in den letzten Decennien den Nachweis geführt, dass Verschiebungen der Gliedmaassen eine sehr häufige Erscheinung sind und dass solche selbst in der Entwicklung noch zur directen Beobachtung [ROSENBERG, FÜRBRINGER, HARRISON, MOLLIER, BRAUS, PUNNETT¹⁾ u. A.] kommen können. Bei den niederen Fischen sind dieselben in besonders hohem Maasse vorhanden. Beide Flossen konnten rückwärts in Positionen verfolgt werden, in welchen ursprünglich auch der hintere Kiemenkorbrand gelegen hat. Besonders wichtig erscheint mir für unsere Frage die Thatsache, dass bei manchen Knorpelfischen (Rochen) die Brustflosse mit dem Schultergürtel successive caudalwärts bis in Zonen wandert, in welchen bei anderen, niederen Pterygiophoren (Squaliden, Holocephalen, Dipnoern) der Beckengürtel der hinteren Gliedmaasse liegt (BRAUS, 1898 A, B, 1899). Denn damit ist der Beweis erbracht, dass die Extremitäten generell das Vermögen besitzen, so weit caudalwärts zu wandern, wie dies bei bestehender Homodynamie des Skelets mit Kiemenbogen seitens der Hinterflosse der Fall gewesen sein muss. Die vordere Extremität liegt bei Paläichthyern jetzt noch stets in naher Nachbarschaft des Kiemenkorbes.

Vergleichung des Skelets von Gliedmaassen und Kiemen.

Die genauere Vergleichung des Extremitäten- und Kiemenskelets fördert eine Reihe Aehnlichkeiten zwischen beiden zu Tage, welche grösser ist, als man bei Berücksichtigung und Würdigung des weit zurückliegenden Ausgangszustandes beider vermuthen sollte. Die Visceralbogen legen sich entwicklungsgeschichtlich in continuo an (DOHRN, 1884). Sie stimmen darin mit den einheitlich gebauten Gliedmaassengürteln überein. Ihre Quergliederung ist eine spätere Erscheinung. Dass diese den Gliedmaassengürteln auch nicht fehlt, ist bekannt (Suprascapulare²⁾).

1) Gegenüber der Behauptung PUNNETT'S (1900), dass der hintere Collector der Beckenflosse „has not hitherto been described“, möchte ich auf meine Arbeiten (1898 A, p. 248, 369 und 1899, p. 566) und die zahlreichen dort beschriebenen und abgebildeten Geflechte dieser Art (Plexus pelyco-ptyergialis posterior) hinweisen.

2) Auch der Schultergürtel fossiler Selachier ist gegliedert. Wichtig sind hier wegen ihrer primitiven Stellung besonders die Pleuracanthiden, bei welchen FRITSCH (1889), DÖDERLEIN (1889) und JÄKEL (1895) Querspalten im Schulterbogen beschrieben. Von paläontologischer Seite wird neuerdings besonders die Quergliederung bei fossilen Acanthodiern als Homodynamie der bei den Kiemenbogen noch heute allenthalben bestehenden Gliederung in vier discrete Theile betrachtet (JÄKEL, 1899 A, B).

Die Radien der Kiemenbogen sind zwar im Allgemeinen zahlreich und an der ganzen Kante derselben successive aufgereiht. Ihre geringere Zahl ist aber bei den primitiveren Fischen (z. B. bei Squaliden gegenüber Batoiden) vorhanden und vermindert sich bei den Transformationen erleidenden Visceralbogen (z. B. dem Zungenbein- und Kieferbogen) bis auf einige oder gar ein Knorpelstückchen. In der Differenz ihrer Zahl dem Radienbesatz der Extremitätenbogen gegenüber kann also kein Gegengrund gegen die Vergleichung gefunden werden.

Die Radien der Visceralbogen besitzen ein grosses Wucherungsvermögen, indem nicht nur vermehrtes Längenwachsthum unter den äussersten dorsalen und ventralen (dem sogenannten äusseren Kiemenskelet bei Squaliden, gelappten Radien bei Batoiden) vorkommt, sondern indem manche, gerade bei den in weniger innigem Verband mit dem Kiemenkorb stehenden Bogen (z. B. dem Hyoid) seitliche und endständige Fortsätze treiben. Es kommen bei Squaliden Stäbchen vor, welche bis zu zehn und mehr, zum Theil in der Nähe der Basis beginnende Fortsätze aussenden (z. B. *Laemargus*, *Isistius brasiliensis*), und alle Uebergänge (z. B. bei *Scylium canicula*), welche sie mit den einfachen Radien verbinden (GEGENBAUR, 1865 und 1898, p. 428 und Fig. 198; W. K. PARKER, 1878, Taf. XXXVIII, Fig. 2; S. GARMAN, 1899, Taf. II, Fig. 4, 7). Dieselbe Fähigkeit ist aber bei dem embryonalen und ausgebildeten Axenstrahl der freien Flosse von *Ceratodus* in diesem Bande (p. 73, 75) durch SEMON nachgewiesen worden. Die Entstehung des grössten Theiles des Flossenskelets durch Sprossung aus dem primitiven Basipterygium bei Selachiern und Ganoiden ist bekannt (MOLLIER, 1892, 1895; RABL, 1892).

Endlich stimmt der Schultergürtel der niederen Haie mit den Visceralbogen darin überein, dass bei beiden das Perichondrium von cranialen Nerven versorgt wird. Denn FÜRBRINGER (1897, p. 725) fand in die Knorpelhaut des Brustgürtels (besonders deutlich bei *Heptanchus*) feine Vagusäste sich begeben. Beim Becken ist davon nichts mehr erhalten.

Freilich sind auch Unterschiede zwischen Kiemen- und Gliedmaassenskelet, auf welche ich jetzt eingehe, als ausschlaggebend gegen ihre Homodynamie angeführt worden. Doch bedarf das Hauptargument, die discontinuirliche Anlage von Kiemenbogen und Radien in der Embryologie der Haie (DOHRN, 1884, p. 118) gegenüber der Einheitlichkeit des BALFOUR'schen Basipterygium (Extremitätengürtel + Metapterygium der freien Flosse), dringend der Nachprüfung auf breiterer Basis. Kommen doch beim ausgebildeten *Torpedo* continuirliche Zusammenhänge zwischen den Kiemenbogen und ihren Radien vor (GEGENBAUR, 1898, p. 430) und ist doch bei dem Kiemenskelet der Petromyzonten die Sprossung von Fortsätzen mannigfacher Form aus den, freilich inneren Kiemenbogen nicht complet homologen Spangen des Kiemenkorbes ganz gewöhnlich. Sollte sich aber in der Ontogenese die Discontinuität der Anlagen von Kiemenbogen und deren Radien als durchgehende Einrichtung erweisen, so ist immerhin zu bedenken, dass hier eine Loslösung im Laufe der Zeit stabil geworden und der ehemalige Zusammenhang der Theile auch für die Entwicklungsgeschichte verloren gegangen sein kann. Negative Resultate der Ontogenese bedürfen besonderer Vorsicht in der Beurtheilung, wie gerade beim Kiemenskelet der Embryonen pentancher Squaliden das völlige Ausbleiben von Anlagen des 6. und 7. Bogens, wiewohl diese noch bei nahe verwandten recenten Formen (*Heptanchus*, *Hexanchus*, *Chlamydoselachus*) erhalten sind, aufs eindringlichste lehren muss.

Die betreffenden Fische erwecken aber ihrer wenig primitiven Gesamt- und Extremitätenorganisation wegen Bedenken gegen diese Auffassung. Die ausführliche Arbeit des Autors bleibt deshalb vorerst abzuwarten. — Die Copulae, welche die beiderseitigen Kiemenbogen desselben Thieres in Verbindung setzen (über deren Embryologie wir leider noch nichts Zuverlässiges wissen), sind ähnlichen Erscheinungen bei den Extremitätenbogen verschiedener Anamnier (Notidaniden, Dipnoer, Anuren) wahrscheinlich nicht fremd. FÜRBRINGER (1897, p. 725 und 726) hält die mit verschiedenen Namen bezeichneten, namentlich dem Schulter-, aber auch dem Beckengürtel ansitzenden Skeletstücke (Epi-, Omo-, Archisternum etc.; Epi-, Interpubis, Pelvisternum, Hypoischium etc.) einer genaueren Prüfung auf eine etwaige, den visceralen Copulae homodyname Natur für bedürftig, weil namentlich erstere an eine solche denken lassen. Doch hält er auch eine secundäre Natur dieser Gebilde durch Abgliederung mit GEGENBAUR nicht für ausgeschlossen.

Die Verschiedenheit in der tieferen oder oberflächeren Lage von Kiemen- oder Extremitätenbogen in der Rumpfwand ist gleichfalls kein Gegengrund gegen eine Homodynamie. Das verschiedene, durch diese bedingte Verhalten zu den Aesten des Vagus (Rr. laterales und R. intestinalis) hat durch FÜRBRINGER (1897, p. 727—730) eingehende Erklärung und Zurückführung auf einheitliche Urzustände gefunden. Ausserdem widerlegen die Ausführungen dieses Autors (1888, p. 989) über die Unabhängigkeit der Verlagerungen des Herzens von den Verschiebungen der Extremitäten den Einwand, welchen MIVART (1879, p. 463), besonders gestützt auf BALFOUR's Befunde von der Lage des Kopfcöloms (1877), darin erblickt hat, dass die Kiemenbogen innen, die Extremitätenbogen aussen von den Gefässen liegen. Auch hier liegen spät erworbene Correlationen zwischen Extremitäten und Gefässen vor, da die Verschiebungen beider in gesonderten Bahnen verlaufen sind.

Diese Einwände sind also sämmtlich nicht stichhaltig. Es besteht vielmehr zwischen den primitivsten uns bekannten Zuständen des Extremitätenskelets niederer Vertebraten und den Visceralbogen und ihren Einrichtungen bei diesen eine so grosse Aehnlichkeit, dass jedenfalls die Annahme, beide seien ehemals Homodyname gewesen, einfacher und weniger gezwungen erscheinen muss, als wenn man glaubt, es seien von einander unabhängige, convergente Bildungen.

Die Schwierigkeit einer directen Vergleichung der Skelete beruht bei unserem Problem eben darin, dass wir es bei den in Betracht kommenden Thieren mit Homodynamien und nicht mit Homologien zu thun haben. Diejenigen Bogen und ihre Radien, aus welchen sich Extremitätenknorpel gebildet haben sollen, existiren selbstverständlich bei allen Pterygiophoren als solche nicht mehr. Sie fehlen auch bei Acraniern, Myxinoiden und Petromyzonten wegen der mangelnden oder divergenten Entwicklung ihres Kiemenskelets. Inwieweit andererseits die noch im Kiemenkorb liegenden Visceralbogen recenter Paläichthyer den ursprünglichen Zuständen des für die Extremitäten verwendeten Skelets gleichen, entzieht sich in vielen Punkten unserer Kenntniss. Wir wissen nur, dass die Visceralbogen grosser Veränderungen fähig sind (man denke an die Derivate derselben im Kiefer-, Gehör-, Zungenbein- und Respirationsapparat).

Kiemenbogenmerkmale an den Weichtheilen der Extremitäten.

Es existiren jedoch in den übrigen Bestandtheilen der Flossen Einrichtungen, welche als Rüstzeug für die Extremitätentheorie von Werth sind. Die Thatsache, dass sich die Musculatur der Gliedmaassen erst allmählich und successive bei den niederen Fischen dem Knorpelskelet anpasst, dass insertive Befestigungen an letzterem nur bei wenigen, den Pentadactyliern nahe stehenden Paläichthyern (Dipnoern, p. 200) mehr in den Vordergrund treten, und dass eine ursprüngliche Discrepanz zwischen den Nerven und Knorpeln der Extremität ihrer Lage nach besteht und sich stets erhält (p. 266), wird verständlich bei der Annahme, dass Skelet und Musculatur (incl. ihrer motorischen Nerven) der Gliedmaassen heterogenetischen Ursprunges seien, wie es unsere Theorie verlangt; denn nach ihr ist das erstere visceraler Natur, die letztere spinaler Abkunft. Demjenigen, welchem die Kiemenbogenhypothese kein Problem ist, muss der Mangel ursprünglicher Uebereinstimmung zwischen diesen zwei Bestandtheilen der Gliedmaassen — Muskeln und Nerven auf der einen, Skelettheile auf der anderen Seite — ein Räthsel bleiben.

Von der alten visceralen Musculatur, welche den Kiemenkorb grösstentheils beherrscht und also auch an dem Muskelbesatz der zu Extremitäten umgewandelten Visceralbogen ursprünglich betheiligt gewesen sein muss, ist nach dem Eindringen der kräftigen, bei niederen Fischen mächtig sich entfaltenden spinalen Musculatur das Meiste verdrängt und vernichtet worden. Bei der Beckenflosse, der ältesten und schicksalsreichsten, haben wir begreiflicher Weise weniger Aussicht, Reste zu entdecken, als bei der jüngeren, dem Kiemenkorb noch benachbarten Brustflosse. Bei ersterer hat sich bis jetzt nichts von visceraler Musculatur

oder dazu gehöriger cranialer Innervation gefunden. Bei der vorderen Extremität jedoch sind an Stellen, an welche die Abkömmlinge der Rumpfmuskeln nicht vorgedrungen sind, und bei zufällig einer Conservirung des alten Materiales günstigen Ausbildungsformen des Schultergürtels in der That unverkennbare branchiale, von Vagusästen versorgte Muskeln noch vorhanden, und zwar von FÜRBRINGER (1873, 1874, 1897) nachgewiesen worden. Zu diesen wichtigen Muskeln gehört der am Schultergürtel inserirende *M. trapezius*, welcher bei allen Anamniern ganz oder fast ganz durch den Vagus innervirt ist. Dieser wird bei den höheren Thieren bekanntlich immer mehr mit spinaler Musculatur durchsetzt. Er durchläuft ganz allmählich die Bahn des Verfalles paläobranchialer Musculatur und sieghaften Vordringens spinaler Fasern, welche von den Muskeln der freien Gliedmaasse viel schneller durchheilt worden ist. Bei den Anuren wies FÜRBRINGER einen anderen, noch völlig, mit Ursprung und Insertion, dem Schultergürtel eigenen *M. interscapularis* als typischen Vagusmuskel nach, welcher hier der Beweglichkeit und gegenüber Urodelen vollständigeren Erhaltung der Theile des Brustgürtels seine Conservirung verdankt und speciell seinen Typus eines *M. adductor arcuum branchialium* der Kiemenbogen bewahrt hat.

Gliedmaassenmerkmalen ähnliche, eine Metamorphose vorbereitende Einrichtungen bei Visceralbogen.

Früher, als die Kiemenmuskeln nicht hinreichend genau bekannt waren, konnte es vielleicht Bedenken erregen, dass eine so völlig dem Gros der Gliedmaassenmuskeln fremde, dem Kopf entstammende Muskelgruppe, wie die vom Vagus innervirten und entwicklungsgeschichtlich aus Seitenplatten entstehenden Muskeln der Kiemenbogen und ihrer Radien, keine Schwierigkeit bei der Vergleichung bilden solle. Auch hier haben die neueren Untersuchungen FÜRBRINGER'S (1895, 1897) unser Verständniss gefördert, da sich zeigte, dass die Kiemenbogenmuskeln durchaus nicht ausschliesslich visceraler (paläobranchialer) Natur sind, sondern dass stattliche spinale (neobranchiale) Muskeln oberhalb und unterhalb des Kiemenkorbes (epi- und hypobranchial) liegen. Dieselben sind zum Theil nur mit ihren Insertionen an den Kiemenbogen befestigt, zum Theil gehören sie mit Ursprung und Insertion denselben an. Es bereitet sich also bei unzweifelhaften, weil noch in voller Function befindlichen Skeletelementen des Kiemenkorbes eine Verdrängung der visceralen Musculatur vor, und bei einigen von ihnen, welche sich bei Amnioten successive in das Zungenbein und Larynxskelet dieser höheren Formen umwandeln, lässt sich die immer stärkere Ausbreitung der neuen spinalen Musculatur, die Loslösung der alten visceralen Skelettheile aus ihrem ursprünglichen Verband und ihre Entführung in vordere Partien der Rumpfwand (Halsregion) Schritt für Schritt verfolgen.

Auch hier ist also die Fähigkeit der Visceralbogen, ihren Muskelbesatz zu wechseln, nachgewiesen, und man wird wie bei den Wanderungen der Extremitäten (s. o. p. 267) zugeben müssen, dass der Vorgang, welcher sich nachweislich einmal abgespielt hat, zu anderer Zeit und an anderem Ort bei homodynamen Organtheilen ebenso gut vor sich gegangen sein kann. Man wird logischer Weise nicht mehr von der Unmöglichkeit eines Vergleiches zwischen Gliedmaassen- und Kiemenskelet wegen der Differenz der Musculatur beider reden können (DOHRN, 1884).

Wie hier die Musculatur die Entstehung des Extremitäten- aus dem Kiemenbogenskelet vorbereitete, so hat auch die, von GEGENBAUR stets betonte Thatsache, dass die Visceralbogen am caudalen Kiemenkorbrande sich allmählich der Beihülfe bei der respiratorischen Function des Organes entziehen, jene Metamorphose angebahnt. Der letzte Kiemenbogen dient nur mehr als Stütze der vor ihm liegenden Kiementasche, besitzt eine reducirte Gestalt und oft eine besonders stark zurückgebildete viscerele, aber dafür viel stärkere spinale Musculatur als die übrigen Bogen. Auch ist der Verlust an Kiemenbogen, welcher die recenten Selachier beim Uebergang heptancher Formen in hexanche und pentanche trifft, durch völliges Verschwinden solcher schon vorher geschwächter und ihrer ursprünglichen Aufgabe entfremdeter hinterster

Bogen bedingt. Was sich hier beim jeweilig letzten Kiemenbogen jetzt lebender Paläichthyer noch nachweisen lässt, wird früher ebenso der Fall gewesen sein. Denn dass der Kiemenkorb einst mehr als die Maximalzahl der 7 jetzt noch bei Selachiern erhaltenen Bogen besass, geht aus dem Vorkommen einer viel stattlicheren Zahl solcher Elemente bei den niedersten Vertebraten (Acraniern und vielen Myxinoiden) hervor. Wie viele Visceralbogen allerdings verschwanden, ehe einer in eine Extremitätenanlage eintrat und dadurch dem völligen Untergang entzogen wurde, um neue, zukunftsreiche Verwandlungen einzugehen, nach welcher Zeit sich dieser Process wiederholte, und wie viele Bogen zwischen den letztverwandelten und den heute bei *Heptanchus* noch erhaltenen ausgefallen sind, das entzieht sich alles zur Zeit noch jeder specielleren Vermuthung. Denn bei *Amphioxus* sind wohl sicher, bei *Bdellostoma* vielleicht secundäre Vermehrungen der Zahl der Kiemenbogen eingetreten, so dass wir über ihre ursprüngliche Gesamtzahl nichts Sicheres wissen¹⁾.

Aber das Wichtigere, dass nämlich am hinteren Kiemenkorbrande Knorpel in abortivem, also gleichsam labilem Zustande sich befanden, ehe Extremitäten sich gebildet hatten, ist höchst wahrscheinlich. Wir wissen, dass ihr Bau im Wesentlichen demjenigen der Urform des inneren Gliedmaassenskelets ähnlich war, dass sie von einer Musculatur bedeckt waren, bei welcher das neu eingedrungene spinale Element mit dem alten, bereits sich zurückbildenden noch um den Vorrang kämpfte, während bei den Gliedmaassen dieser Kampf zu Gunsten der neuen Muskeln ganz oder fast ganz entschieden, überall aber noch der neue Besitzer, die Rumpfmusculatur nämlich, mit der Einrichtung in dem eroberten Gebiet beschäftigt ist und erst allmählich sich völlig den gegebenen Verhältnissen des Skelets unter Um- und Weiterbildung desselben anbequemt. Wanderungen und Verschiebungen, nöthig und unumgänglich, wenn Kopf- und Rumpftheile zusammentreten sollten, um neue Organe weit caudalwärts bis gegen den After hin zu entsenden, kennen wir und verfolgen wir bis zu den Stellen, wo einstens der hintere Kiemenkorbrand gelegen war, stehen ihnen aber in vielen Fällen rathlos gegenüber, wenn wir eine andere Erklärung für dieselben geben sollen.

Versuch einer Darstellung der bei der Bildung der Gliedmaassen successive erfolgten Metamorphosen.

Gewinnt durch alle diese Momente die Kiemenbogenhypothese schon eine grosse Wahrscheinlichkeit, so bleibt doch noch eine Reihe von Einrichtungen auch bei den einfach gebauten Extremitäten übrig, welche der Vorstellung einer Umwandlung von Kiemen in Gliedmaassen Schwierigkeiten bereitet. Ich will deshalb den Versuch machen, die Prozesse mehr im Detail zu schildern, welche sich bei dieser Metamorphose wahrscheinlich vollzogen haben, und habe dabei in erster Linie die vordere Extremität im Auge, da diese als die zuletzt entstandene oder wenigstens Relicten der Kiemenbogen in vielen Fällen am besten bewahrende Gliedmaasse am ehesten den Entwicklungsgang zurückverfolgen lässt. Die Hintergliedmaasse wird erst in zweiter Linie berücksichtigt werden. Ich brauche wohl kaum zu bemerken, dass bei dem völligen Mangel von direct beobachteten Uebergangsstadien, über welche bisher weder die Ontogenie noch die Paläontologie verfügt, ein solcher Versuch nur insofern auf zukünftige Bestätigung, soweit wir überhaupt über Hypothesen hinauskommen werden, hoffen kann, als er die zur Zeit bekannten Thatsachen voll berücksichtigt, kritisch abschätzt und ständig Fühlung mit ihnen behält, dass andererseits zur Verknüpfung blosse Vermuthungen benutzt werden müssen, deren Prüfung weiteren Untersuchungen und Entdeckungen vorbehalten bleiben muss. Ich werde im Folgenden meistens bezüglich der benutzten Thatsachen nur kurz auf diejenigen Theile meiner Arbeit verweisen, in welchen dieselben mitgetheilt oder besprochen sind.

¹⁾ Die von DEAN (1898, 1900) als Extremitäten mit Wahrscheinlichkeit gedeuteten Gebilde bei dem systematisch nicht völlig gesicherten *Palaeospondylus* sind sehr dubiöser Natur.

Die erste Anlage der Extremitäten tritt bei allen Vertebraten als horizontal aus der Rumpfwand hervorsprossende Leiste auf. Es ist das nicht nur bei solchen Extremitäten der Fall, welche im fertigen Zustande eine horizontale Lage einnehmen (Selachier, Knorpelganoiden), sondern auch bei solchen, welche beim ausgebildeten Thiere mit ihrer Fläche senkrecht stehen (Dipnoer, Wasseramphibien), oder irgend welche andere Stellung gegenüber dieser ihrer frühesten Position einnehmen (Landamphibien, Amnioten). Auch vergleichend-morphologische Gründe wurden im Verlauf dieser Arbeit dafür beigebracht, dass überall die Horizontalstellung der Extremität als solche die ursprüngliche ist, aus welcher die übrigen Stellungen abgeleitet werden können (p. 198, 233).

Die Entstehung der Musculatur führt zu demselben Resultat. Sie zerfällt stets in zwei Hauptmuskeln, welche entwicklungsgeschichtlich getrennt angelegt werden und an sich oder mittelst der Innervation auch bei ausgebildeten Paläichthyern scharf auseinanderzuhalten sind. Beide setzen sich meistens aus derselben oder (in seltenen Fällen) aus annähernd derselben Zahl metamerer Bestandtheile zusammen (p. 159, 187, 232). Die Nerven bezeugen dies auch in solchen Fällen, wo die entwicklungsgeschichtliche Urkunde gleichmässiger Knospenabgabe an beide Muskeln seitens der Rumpfmotome versagt, weil die Muskelbildungszellen isolirt aus der Matrix im Rumpfe auswandern. Denn die Extremitätennerven theilen sich ganz allgemein in zwei Gruppen von Aesten oder zwei Hauptäste. Versorgung eines Hauptmuskels oder der Abkömmlinge desselben durch den einen Ast oder durch einen Unterast der einen Gruppe schliesst den anderen oder die andere Gruppe mit Gewissheit aus. Die serialen Bestandtheile folgen in ursprünglichen Zuständen [in der Ontogenie und bei wenig veränderten ausgebildeten Flossen (Textfigur 14, p. 190)] längs der Extremitätenaxe so auf einander, dass nach der Basis zu die cranialeren, nach der Spitze zu die caudaleren Elemente liegen und dass die serielle Folge nicht unterbrochen ist.

Für die Musculatur und ihre Nerven ist deshalb eine dorso-ventrale Lage der Bestandtheile bei der Einwanderung in die Urflosse zu postuliren. Denn die Rumpfsegmente folgen in cranio-caudaler Richtung auf einander. Abspaltungen von ihnen werden nur dann in zwei von einander streng getrennten Schichten die gleiche Vertheilung und Folge wie die Matrix besitzen können, wenn sie in dieser Richtung ihre Lage bewahren oder, mit anderen Worten, wenn ihre Trennung in je zwei gleiche Theile durch eine longitudinale Spaltung erfolgt. Eine solche ergibt dorsale und ventrale Hälften. Die Urflosse, in welche dieselben einwandern, muss dann horizontal stehen.

Hätte dagegen ein Myotom, z. B. das vorderste, craniale und caudale Muskeln an die Urflossen vertheilt, wie es bei einer senkrecht zur Horizontalebene angehefteten Flosse erfolgen würde, und würden die folgenden, das 2., 3., 4. u. s. w., successive das Gleiche gethan haben, so wäre nicht einzusehen, warum in der Extremität 1, 2, 3, 4 u. s. w. regelmässig, und zwar auf beiden Seiten in baso-terminaler Richtung auf einander folgen. Es hätten sich doch sicherlich die serialen Bestandtheile geschichtet, in umgekehrter Reihenfolge angeordnet oder in der Weise vertheilt, dass die einen mehr dorsal, die anderen mehr ventral in die Flosse gelangt und dadurch alle bunt durch einander gemengt worden wären. Alles dies ist nicht der Fall oder nachweislich viel später, nämlich durch Adaptirung an das Skelet, erworben.

Gilt die Horizontalstellung aber auch für die früheste Anordnung des Knorpelskelets? Wir dürfen nicht vergessen, dass die Musculatur der niederen Extremitäten von diesem relativ unabhängig ist. Ursprünge sind zwar am Skelet der freien Gliedmaasse der Pterygiophoren in reichlicher Menge befestigt, aber doch erst secundär von solchen entstanden, welche am Gliedmaassengürtel und am Rumpfe entsprangen (p. 178). Insertionen am Knorpelskelet fehlen aber fast völlig und sind da, wo sie vorkommen, durch Reductionen anderer, früher zur Anheftung dienender Theile (Elemente des äusseren Skelets, p. 200), oder als späte Aberrationen von solchen (Zwischensehnen, p. 172) entstanden. Das Knorpelskelet steht also in frühen

Zuständen in ganz geringem directen Verbande mit der Musculatur. Als Angriffspunkt dienen dieser Befestigungen an der Haut, welche wir bei allen uns bekannten recenten und zahlreichen fossilen Formen der Fische durch besondere Differenzirungen (Hornfäden, Knochenstrahlen) versteift finden. Möglicher Weise ist die Haut schon in früher Zeit bei der Urflosse dort in ähnlicher Weise hart geworden, wo die Muskeln inserirten.

Man könnte versucht sein, eine derartige versteifte Horizontalfalte, deren Musculatur für einfache Bewegungen ausreichen dürfte, als Ausgangspunkt der Extremitätenbildung anzusehen¹⁾. Hautfalten und -auswüchse kommen verschiedentlich am Kopfe oder im vorderen Rumpfbereich niederer Vertebraten vor. Beim *Amphioxus* und bei *Centrina* (Squalide)²⁾ giebt es ausgedehnte Längsfalten, die weithin am Rumpfe sich hinziehen. Fadenförmige, aber manchmal zu beträchtlichen Basalstämmen verbundene (*Lepidosiren*) Hautfortsätze finden sich als äussere Kiemen bei einigen Dipnoer- und bei Amphibienlarven. Mit jedem von diesen ist von verschiedenen Autoren (ich nenne besonders THACHER, 1877 A; DOHRN, 1884; KERR, 1900 A, B) die Genese der Gliedmaasse zu verknüpfen versucht worden.

Jedenfalls beweisen diese Bildungen die Fähigkeit der Haut, auf bestimmte Anforderungen hin, die wir aber nur zum Theil analysiren können, durch Fortsatzbildungen nach aussen zu reagiren. Man könnte sich, um von speciellen Beispielen abzusehen, denken, dass durch Aufliegen des Körpers grundliebender Thiere³⁾ auf dem Boden der Gewässer horizontale Falten entstanden wären und dass diese, bei veränderter Lebensweise, zu Schwimmwerkzeugen weiter entwickelt wurden.

Allen diesen wirklich vorhandenen oder gedachten Hautgebilden fehlt aber ein Element, welches zur Entwicklung der Extremität nothwendig war, ohne welches der Bau der Gliedmassen, wie sie in Wirklichkeit sind, unverstanden bleiben müsste: der viscerele Knorpel. Nur da, wo ein rudimentärer oder umgewandelter Kiemenbogen mit abortivem oder verändertem Radienbesatz der point d'appui für eine günstig liegende Hautfalte wurde, da konnte sich die Musculatur in genügendem Maasse entfalten, und die Urflosse hinreichende Biegefestigkeit erlangen, um höhere Entwicklungsbahnen einzuschlagen. In allen anderen Fällen sind die Hautlappen, mögen sie auch Musculatur⁴⁾ und äusseres Skelet sich erworben haben (was wir zusammen nirgends realisirt sehen), zu Grunde gegangen. Dasselbe ereignet sich bei den unpaaren Extremitäten, die aus mechanischen Gründen über die ganze dorsale Körperlänge und die gesammte Schwanzperipherie hin angelegt werden und sich darin völlig von den, anderen Gesetzen folgenden paarigen Gliedmassen unterscheiden. Aber auch bei ihnen findet nur da, wo die Hautfalte mit der Entwicklung innerer Skeletstützen combinirt ist, Weiterentwicklung statt.

Denkbar wäre es auch, dass ein besonders kräftig auswachsender Radius des letzten Kiemenbogens, wie sie sonst bei den Randradien oder den Fortsätzen des Hyoidbogens vorkommen, selbst erst den Anlass zur Bildung einer Hautfalte hinter dem Kiemenkorb gegeben hat. Dann war von vornherein die nothwendige Combination aller Hauptelemente gegeben.

1) Ausdrücklich betonen möchte ich, um Missverständnissen, obwohl diese nach meinen Ausführungen im Text ausgeschlossen sein sollten, besonders vorzubeugen, dass diese Vorstellung mit dem wesentlichen Inhalt der Lateralfaltentheorie nichts gemein hat. Ihrer Entstehung und Entwicklung nach besitzt diese Hypothese zwei integrirende Bestandtheile: 1) einheitliche Anlage beider Extremitäten in Form einer über den ganzen Bauch verlaufenden Falte, und 2) complete Entstehung der freien Gliedmassen im Rumpf. Die Bildung des Skelets durch Concrenscenz aus freien Radien ist (von EMERY, 1894, p. 16) bereits aufgegeben worden. Soweit auch die Ansichten der zahlreichen Vertreter der Lateralfaltentheorie im Einzelnen auseinandergehen, in jenen Punkten sind sie einig. Gerade sie aber leugne ich. Sollte trotzdem der eine oder andere glauben, dass meine Anschauungen mit den seinigen, auf Grund der Lateralfaltentheorie erworbenen sich vereinigen liessen, so würde ich das als Verzicht auf den wesentlichen Kern dieser Hypothese freudig begrüssen.

2) Bei *Centrina* findet die Falte eine andere Erklärung, als THACHER und DOHRN annahmen (BRAUS, 1898, p. 335).

3) JÄKEL (1899C) hat für die Urselachier eine derartige Lebensweise auf Grund fossiler Gebisse angenommen.

4) In den äusseren Kiemen von *Lepidosiren* kommen nach KERR Elevatoren, Depressoren und Adductoren vor.

α) Primäres Asticho- und Distichopterygium.

Ist einmal ein Radius eines Kiemenbogens in eine muscularisirte Hautfalte aufgenommen (Textfigur 23a), so wird bald mit zunehmender Function vermehrtes Wachstum erfolgen und ein Gliedmaassenskelet sich entwickeln (Fig. b), welches ich Astichopterygium¹⁾ zu nennen vorschlagen möchte. Denken

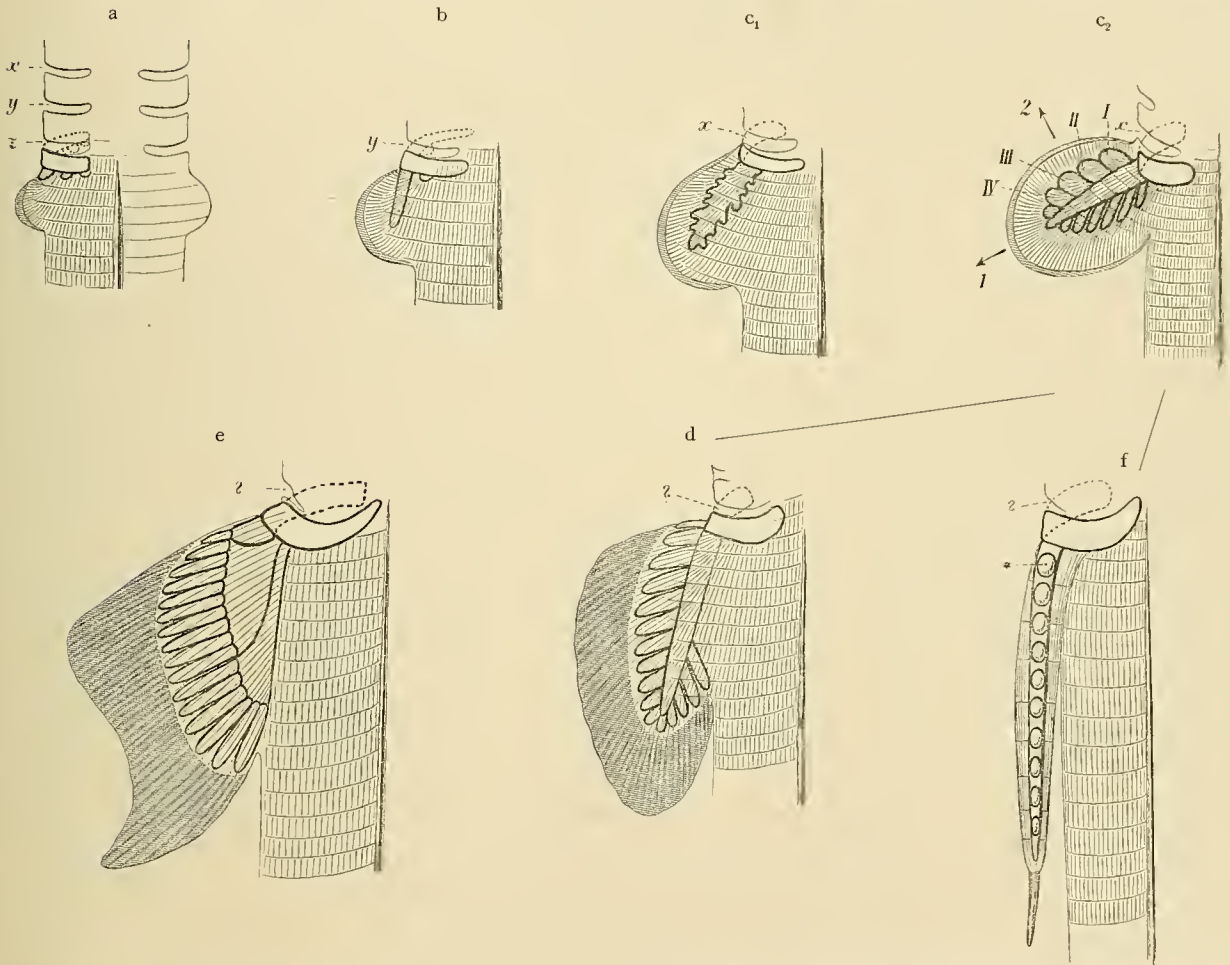


Fig. 23. Schema der Entwicklung des Ichthyopterygium und seiner Musculatur. Ansichten von der Fläche. Das Skelet ist mit fetten Linien, die Musculatur (Inscriptiones tendineae und Muskelfasern) mit feinen Strichen wiedergegeben. Die Hautfalte und die in ihr entstehenden Skelettheile sind horizontal schraffirt. Durch die Bezeichnung der Kiemenpalten (Fig. a—c x , y , z) ist angegeben, dass eine successive Reduction dieser im Flusse ist.

a Hautfalte mit eingewandelter Musculatur und anliegendem Kiemenbogen. Letzterer trägt mehrere Radien. Einer von diesen berührt die Basis der Falte.

b Primäres Astichopterygium. Auswachsen des der Falte nächst benachbarten Radius in dieselbe. Beginnende Reduction der übrigen Radien.

c₁ und c₂ Zwei Stadien des primären Distichopterygium. c₁ Seitliches Auswachsen des Skeletstabes zwischen der dorsalen (allein gezeichneten) und der ventralen (nicht sichtbaren) Muskelplatte. c₂ Abgliederung der Seitenradien vom Stammstrahl. Zunehmende Umordnung der Muskelfasern radiär zum Flossenrand.

d Secundäres Distichopterygium mit lateralem Wachstum. *Xenacanthus*-Brustflosse, schematisirt. Beginnende Differenzirung des Skelets in der durch Pfeil 2 in Fig. c, angedeuteten Richtung.

e Monostichopterygium. Brustflosse eines Squaliden. Die mediale Seite des Skelets ist nicht zu sehen (vergl. Textfigur 24b). Fortführung der in d angebahnten Entwicklungsrichtung.

f Secundäres Distichopterygium mit terminalem Wachstum. *Ceratodus*-Flosse. Drehung der Flossenplatte um 90°, parallel zur Rumpfwand.

1) EMERY (1897, p. 146) hat vorgeschlagen, das biserial Archipterygium Distichopterygium zu nennen. Ich acceptire den kurzen Ausdruck, ohne allerdings seine Gründe für den Austausch dieser Wörter zu billigen, und bilde danach für die radienlose Axe das Wort Astichopterygium, für den einfachen uniserialen Besatz Monostichopterygium. Flossenskelete ohne Gürtel- und Axenstück (Basipterygium BALFOUR) mögen Abasipterygia heissen.

wir an die Fähigkeit der Kiemenbogenradien, Fortsätze zu treiben, so wird es verständlich, dass von dem Knorpel bei erhöhter Inanspruchnahme der stützenden Function desselben gegen Durchbiegungen und Knickungen der wachsenden Extremität Sprossen getrieben wurden. Dieselben entwickelten sich so dicht wie möglich und würden sich, da die Fähigkeit Sprosse zu bilden überall am Knorpelstrahl gleich gross zu denken ist, nach allen Richtungen erstreckt haben (Fig. c₁). Platz für solche ist aber nur zwischen den beiden Muskelplatten, da diese den Weg dorsal- und ventralwärts versperren¹⁾. Es entwickelte sich also aus dem Astichopterygium das primäre Distichopterygium oder biseriale Archipterygium. Der vordere, craniale Rand des Skelets, als der bei jeder Vorwärtsbewegung des Thieres stärker in Anspruch genommene, wurde dabei durch dickere, solidere Seitenradien gestützt als der hintere, caudale. Bei letzterem genügen zartere, dünnere Knorpelstäbe, die dafür in grösserer Zahl entstehen (Textfigur 23 c₂). Alle Knorpelfortsätze wucherten so dicht neben einander, dass das Distichopterygium mechanisch nur durch seine flächenhafte Ausdehnung vom Astichopterygium unterschieden ist. Eine gesonderte Bewegung einzelner Radien kam noch nicht zur Differenzirung. Das ganze Knorpelskelet der freien Flosse bewegte sich stets in toto. Denn so finden wir es jetzt noch bei den verschiedensten Flossen (p. 152, 199). In Folge dessen vollzogen sich alle diese Veränderungen ohne directen züchtenden Einfluss der Musculatur auf die Ausbildung des Skelets. Erstere inserirte nach wie vor nur an der Haut, dehnte jedoch ihre Ursprünge an dem knorpeligen Gürtel, die schon im Kiemenkorb bestanden, weiter aus. Indirect ist der Einfluss der Musculatur natürlich ein sehr grosser. Denn ihre Entfaltung und Wirksamkeit macht überhaupt die Wucherung und Ausdehnung des Knorpels erst nöthig.

Mit ihren Axen ganz oder fast senkrecht vom Körper abstehende, horizontale Platten, wie sie die Urflossen in Folge der Richtung und Lage der bei ihrem Aufbau zunächst beteiligten Componenten meiner Ansicht nach vorstellen, werden nur eine geringe Grösse erreichen können. Als Balancirstangen würden sie vielleicht von Bedeutung sein, immer aber Gefahr laufen, abgeknickt oder verletzt zu werden. Hier ist der Punkt erreicht, wo eine Umgestaltung der Urflosse in divergenter Richtung eingeschlagen wurde. Indem das wachsende Organ verschiedene Möglichkeiten benutzte, seine Function zu verstärken, gabelte sich die Entwicklungsrichtung der Extremitäten. Ich unterscheide zwei Hauptrichtungen, von welchen die eine unter Innehaltung der Horizontalstellung zur theilweisen Reduction des Distichopterygium und schliesslich völligen Ueberführung in das Monostichopterygium (uniseriales Archipterygium) hinleitete, während die andere unter Erhaltung und Fortbildung des Typus des primären Distichopterygium in das secundäre einen Stellung- oder gar völligen Functionswechsel der Extremität involvirte²⁾.

Ehe wir diese Richtungen im Einzelnen verfolgen, müssen wir uns über den Bau der Musculatur und des Nervensystems in der Flosse mit primärem Distichopterygium klar zu werden versuchen, weil hier der Ausgangspunkt für alle weitere Entwicklung liegt. Das Gemeinsame aller bekannten primitiven Gliedmaassen (p. 194 u. f., p. 254 u. f.) muss von dieser Form überkommen sein.

Die Musculatur (Textfigur 23 c) setzte sich dorsal und ventral in continuo mit der Rumpfmusculatur, und gleich dieser regelmässig segmentirt, in die Urflosse fort und bildete hier die primitiven Hauptmuskeln. Die Inscriptiones tendineae stimmen in einem solchen Stadium zwar in der Richtung mit denjenigen der Seitenradien ungefähr überein, während sie über die Hauptaxe quer oder schräg hinwegziehen. Doch ist ihre Zahl und specielle Anordnung unabhängig von den Seitenradien, da ja kein directer Zusammenhang besteht und deshalb kein Anlass zur Adaptirung vorliegt. Eine Auflösung des primitiven Muskelverbandes

1) Da die Sprossen bei den Kiemenbogenstrahlen in dorso-ventraler Richtung stehen, ist also eine immanente Drehung des Knorpelmateriales unter der Wirkung der Musculatur erfolgt.

2) Wir werden sehen, dass wahrscheinlich späterhin die beiden Richtungen nicht scharf getrennt blieben, indem Formen der letzteren nachträglich in die erstere Reihe einlenkten (Amiaden und Teleostier).

muss sich aber an den freien Rändern der Urflosse gegen die Insertionen der Muskelfasern einleiten. Denn die Richtung der letzteren ist, solange sie zwischen ihren Myocommata liegen, für die Wirkung auf den Flossenrand stellenweise sehr ungünstig. Nichts ändert sich leichter und vollkommener durch Reaction auf bestimmte functionelle Aufgaben als die Richtung von Muskelfasern, selbst noch bei den höchsten Differenzirungen der Musculatur in der Vertebratenreihe. Es legten sich die Muskelfasern also auch hier in die für sie günstigste Lage, nämlich in die Richtung von radiären Linien, die man zur Peripherie der Flosse ziehen kann (Textfigur 23a, b, c). Dadurch tritt aber an vielen Stellen eine Parallelität zwischen der Richtung der Muskelfasern und der Inscriptiones oder doch ein so spitzer Winkel zwischen dem Verlauf beider ein, dass die Zwischensehnen an der Peripherie verschwinden und eine Vermischung des bis dahin rein metameren Materiales die Folge ist. Die letztere ist besonders ausgeprägt gegen die Spitze der Flosse hin, wo die radiär gestellten Muskelfasern sich aus verschiedenen serialen Componenten aufbauen (Textfigur c).

Das Nervensystem musste diesen Veränderungen folgen. Es bewahrt bis heute die Spuren derselben, und auf Grund dieser ist es möglich, die hier geschilderten Vorgänge zu reconstruieren. Die serialen Flossennerven stammen von *Rr. ventrales* ab und verlaufen so, wie diese innen von der Bauchmusculatur liegen, entsprechend innen von den Hauptmuskeln, zwischen diesen und dem Knorpel, ehe sie sich an die Muskelfasern verzweigen (Textfigur 24 a, p. 281). Die Endzweige derselben haben sich da, wo die Muskelmetameren verschmolzen, gleichfalls verbunden. Es beginnt der distale Plexus an der Peripherie der Extremität innerhalb der Musculatur (p. 162, 189). Da, wo mehrere Metameren Fasern zu einheitlichen Radiärmuskeln stellen und eine stärkere Vermischung stattfindet, nämlich gegen die Spitze der Flosse hin, entstehen auch innigere Geflechte, welche sich weiter proximalwärts in der Flosse auf die zwischen Musculatur und Knorpel liegenden Nervenstämmen des distalen Plexus erstrecken. Dieselben suchen die Ruhepunkte des Skelets während der Bewegung auf und legen sich deshalb zu beiden Seiten der Axe zwischen deren Rand und die Basis der Seitenradialen. Es entsteht auf diese Weise, von der Spitze der Flosse ausgehend, der Beginn des Plexus prae- und postaxialis (p. 162, 164, 196). Doch sind diese Geflechte noch locker und nicht zu Längsstämmen verdichtet. Zwischen den Nerven endlich, welche innerhalb der Bauchwand und innen von dieser liegen, bilden sich die Plexus proximales der Extremitätennerven (Collectoren) aus, da Verschiebungen¹⁾ der Urflosse in toto erfolgen, um eine bessere Lage in der Rumpfwand zu zweckmässigerem Steuern des Körpers und eine grössere Menge serialen Muskelmaterials successive zu erwerben, und da gleichzeitig die Flosse durch die Entwicklung der Seitenstrahlen sich breit nach beiden Seiten hin ausladet (Textfigur 23c₂). Namentlich die cranialeren Nerven wurden in Folge dessen in der Basis der Flosse durch Zug und Gegenzug zusammengedrängt und zum Plexus pterygialis anterior verschmolzen. Denn sie konnten nur in geringem Grade ausweichen, da der Gliedmaassengürtel ihnen den Weg nach dem Kopfe zu versperrt. Später werden wir sehen, dass sie sogar in den Knorpel hineindringen. Beim primären Distichopterygium ist das aber noch nicht der Fall gewesen, da nicht alle Extremitäten Nervenkanäle besitzen.

So oder ganz ähnlich wird die Urflosse mit primärem Distichopterygium gebaut gewesen sein. Denn bei den divergenten Extremitätenformen aller Vertebraten finden wir dicht verflochtene Plexus distales in der Musculatur, welche bis zum Menschen hinauf erhalten bleiben; allen sind die Plexusbildungen zwischen Musculatur und Skelet gemeinsam, welche bei den Paläichthyern noch prä- und postaxial liegen, später aber auf die mannigfachste Weise zu einheitlichen, longitudinal mit der Axe verlaufenden Complexen, den Längsstämmen verschmolzen und als solche in den Extremitätennerven aller Vertebraten

1) Vergl. die früheren Ausführungen über die Richtung dieser primitiven Verschiebungen (BRAUS, 1898 A, p. 400 u. f.).

wiederzufinden sind (Nn. brachiales et thoracici superiores und inferiores und deren Theile: beim Menschen N. medianus, ulnaris, radialis etc.); alle schliesslich besitzen proximale Extremitätenplexus.

β) Secundäre Ausgestaltung durch laterales Wachsthum schräg oder senkrecht zur Extremitätenaxe.

Die Divergenz der Entfaltung des primären Distichopterygium äusserte sich in derjenigen Richtung, welche zum uniseriellen Archipterygium hinführt, vermuthlich darin, dass sich die präaxialen Radien als die functionell wichtigeren stärker und stärker entwickelten. Um eine festere Stütze am Rumpfe zu gewinnen, legte sich die Axe selbst mit ihrer postaxialen Kante der Wand desselben an. Damit wird aber, nach einer Idee, welche bereits GEGENBAUR (1879) und v. DAVIDOFF (1879) im Wesentlichen durchführten, der postaxiale Radienbesatz in baso-terminaler Richtung immer mehr überflüssig, ja schädlich für eine feste Verbindung, und in Folge dessen abortiv. Ein Zwischenstadium ist uns in den **fossilen Selachiern** (Pleuracanthiden) erhalten, das Endstadium des Processes bei den **recenten Haien** (Textfigur 23d und e). Bei letzteren ist der postaxiale Radienbesatz, soweit noch Reste existiren, ventralwärts umgeklappt (Textfigur 24b, p. 281, punktirte Radien), um eine möglichst breite Anlagerung der Axe selbst, des Metapterygium, an die Rumpfwand zu ermöglichen.

Die horizontale Lage der Flosse ist bei dieser Entwicklungsrichtung beibehalten worden (p. 198), die Wachstumsrichtung des Knorpelskelets in dieser Ebene aber völlig geändert. Sie wird aus einer terminalen allmählich zu einer lateralen und zwar speciell präaxialen. Der Pfeil 2 deutet in der Abbildung des primären Distichopterygium (Textfigur 23c₂) an, wie anders die Entwicklung gegenüber der primären durch Pfeil 1 angezeigten verläuft. Natürlich wächst die Axe beim Monostichopterygium noch relativ in dem Maasse, als die ganze Flosse sich ausdehnt, terminalwärts weiter und giebt mehr Radien als ursprünglich Platz. Doch ist auch dieses Wachsthum immerhin beschränkt. Denn die Radien schieben sich hauptsächlich, wie GEGENBAUR's grundlegende Untersuchungen lehrten, weiter basalwärts auf den Gliedmaassengürtel vor, gehen Concrenzen unter einander ein und bilden neue, secundäre Basalia (Basale pro- und mesopterygii, p. 265). Die Axe tritt äusserlich auch dadurch zurück, dass die Spitze der Extremität oft nicht mehr mit ihr, sondern mit besonders stark sich verlängernden Seitenstrahlen coincidirt (besonders bei Rochen).

Musculatur und Nervensystem haben entsprechende Umwälzungen bei der Metamorphose des Distichopterygium in das einfache Monostichopterygium erfahren. Die Muskeln inserirten zunächst noch allenthalben an der Haut. In dieser sind starke Hornfäden (auch bei fossilen Selachiern) entwickelt, welche eine kräftige Action gewährleisten. Immer mehr Muskelfasern richten sich in ihrem Verlauf nach diesen, und da die Wachstumsrichtung der präaxialen Knorpelradien dieselbe radiäre ist (Textfigur 23d und e), coincidiren Muskeln, innere und äussere Skelettheile in ihrer Längsrichtung im Allgemeinen mit einander (p. 198 Anm.). Diese Concordanz ist keine alte und daher zunächst nirgends genau durchgeführt. Aber sie beginnt für die Weiterentwicklung von grosser Wichtigkeit zu werden. Zunächst gingen die Inscriptiones tendineae völlig verloren, da sie functionslos geworden waren. Ferner aber hefteten sich die Ursprünge der Muskeln, um ein ausgedehnteres Punctum fixum zu gewinnen, nicht nur an den Gliedmaassengürtel, sondern auch an das freie Gliedmaassenskelet an. Da sie hier in enge Beziehung zu den Radien treten, spaltet sich die bis dahin einheitliche Schicht der Hauptmuskeln ungefähr diesen entsprechend in einzelne Muskelindividuen, die Mm. radiales. Dieselben verlieren allmählich ihre anfänglich mehr oder minder von der Richtung der Knorpelradien abweichende Lage. In Fällen, wo das Metapterygium schmal ist und keine grösseren secundären Basalia vorhanden sind (Beckenflosse der Haie), oder

wenn die Basalia rudimentär werden und allein die Knorpelradien übrig bleiben (Ganoiden-Bauchflosse), tritt fast völlige oder absolute Concordanz ein (p. 186, 248). Auch wandern am jüngsten Theile der Flosse, dem Basale propterygii, Insertionen von Muskeln nach Verlust ihrer Hornfäden manchmal auf den cranialen Rand des Knorpels über und erzeugen hier neue Muskeln (Adductor), welche das innere Skelet direct bewegen. Sie fehlen noch den Notidaniden fast völlig.

Im Gegensatz zu dieser Entfaltung präaxialer Muskeln steht die Rückbildung der postaxialen. Sie verloren mit der Einschmelzung postaxialer Hornfäden ihre Insertionen und setzten sich am medialen Knorpelrande des Metapterygium an, büssten aber auch hier immer mehr an Umfang und functionellem Werth ein. Am längsten erhalten sie sich an der ventralen Seite der Brustflosse recenter Squaliden, weil hier der Rest der postaxialen Flossenpartie ventralwärts umklappt, und daher nach aussen zu (lateral) eine relativ geschützte Stelle für die Musculatur übrig bleibt (p. 198, Textfigur 24b bei **, p. 281).

Die Nerven haben innerhalb der Gliedmaassenmusculatur allenthalben einen dichten Nervenfilz erzeugt. Denn nach Verlust der serialen Gliederung durch die Inscriptiones mischen sich die Muskelfasern benachbarter Metameren. Tritt die Neugliederung in Mm. radiales mit ihren allmählich fortschreitenden Anpassungen an die Knorpelstrahlen in Action, so vermehren sich die Plexus zwischen Musculatur und innerem Skelet. Bei der postaxialen Musculatur, welche die grössten Veränderungen in serialer Beziehung erleidet, da hier die neuen Verbände senkrecht zu den alten stehen (Textfigur 23d), werden auch die Geflechte am dichtesten, nehmen allerdings häufig an Componenten ab, da sie an der Rückbildung des Skelets und der Musculatur theilnehmen. Der Plexus postaxialis der recenten Selachierflossen ist in Folge dessen ein deutlicher Längsstamm, aber von geringem Caliber (Textfigur 15, p. 196).

Bei den präaxialen Nerven sind die Geflechte zwischen Musculatur und Skelet zunächst lockerer und weniger zahlreich: Plexus praeaxialis (Brustflosse recenter Selachier). Denn die Myomeren haben hier von Anfang an fast radiäre Lage wie die Hornfäden. Ist aber die Adaptation an die präaxialen Radialknorpel vollzogen, so sind auch deutliche und starke Längsstämme entwickelt, welche neben dem präaxialen Rande des Metapterygium längs dessen voller Länge einherlaufen und auch dann diese Lage bewahren, wenn die Axe selbst verloren geht (grösster Theil der Beckenflosse der Selachier und Ganoiden-Bauchflosse, Taf. XXIX).

Nur auf dem primitivsten Theile des inneren Skelets, dem Metapterygium, erhält sich die ursprüngliche Anordnung der serialen Nerven und Aeste noch einigermaassen rein. Denn an der Oberfläche der Musculatur, welche nicht durch Ursprungsaberrationen der Fasern an den Knorpel, wie an die Unterseite, verändert wird, ist die regelmässige Folge der Metameren in baso-terminaler Richtung noch an den Nerven zu erkennen (Textfigur 14, p. 190). Auch liegen dieselben hier noch zum Theil senkrecht zur Axe, wie dies beim Asticho- und Distichopterygium überall der Fall war (vergl. z. B. Metamer 13 und 14, Textfigur 14, mit Textfigur 23b—d).

Die proximalen Nervenplexus haben durch die mannigfaltigen Lageveränderungen, namentlich der hinteren Extremität, bei höheren Haien (Batoiden) aber auch der vorderen Gliedmaasse, und durch die Ueberwanderung von präaxialen Radien auf die Gliedmaassengürtel eine grosse Ausdehnung gewonnen. Da craniale und caudale Wanderungen, Vergrösserungen und Verkleinerungen der Extremitäten erfolgt sind¹⁾, entstanden vordere und hintere proximale Plexus; sind doch die Ränder und ihre Innervationen immer diejenigen, welche die grössten Veränderungen erleiden, während die Mitte der Flosse mit ihren Nerven mehr in Ruhe bleibt oder doch am ehesten wieder in geregelte Verhältnisse eintritt. Die cranialen Randnerven (Plexus pterygialis proximalis anterior) werden durch Zug und Gegenzug so gegen

1) Siehe Anm. 1, p. 277.

den Gliedmaassengürtel angedrängt, dass sie in den Knorpel hineingelangen und ihn mittelst besonderer Kanäle als diazonale Nerven durchqueren (Brust- und Beckengürtel) oder sogar bis an seinen cranialen Rand gelangen und hier als prozonale Nerven wieder frei werden (Bauchflosse).

Die hier skizzierte Entwicklungsrichtung erzeugt typische Flossen, die aufs innigste an das Wasserleben und den Schwimmacht angepasst sind. Wir finden sie unter den besten Schwimmern der See, bei den Haien, am vollkommensten entwickelt. Die Rochen speciell schlagen unten diesen einseitige Bahnen ein, indem sie mehr dem Liegen auf dem Grunde sich anpassen und unsere Flossenform zu höchster Ausbildung horizontaler Ausbreitung entwickeln.

Sehr ähnlich den Squaliden haben sich die vorderen Extremitäten der **Knorpelganoiden** (Acipenseriden) entwickelt (vergl. das Entwicklungsschema am Ende dieses Capitels). Rückbildungen auf der einen Seite haben jedoch zu fast völligem Verlust aller Spuren der postaxialen Seite und auch zu Einschmelzungen der präaxialen Hauptmuskeln geführt, einseitige Ausbildungen auf der anderen Seite als Ersatz für die alten Muskeln neue aus diesen gezüchtet, welche im Verein mit einem starken lateralen Knochenstrahl des Hautskelets die Gliedmaasse stützen und als Steuerorgan bewegen, soweit die potamophilen Störe gegenüber ihren schwimmfähigeren Vettern aus der See der Flossen noch bedürfen (Adductor und Abductor ossis marginalis, p. 222 u. f.). Die Bauchflossen sind in völliger Rückbildung (p. 252), als Folge, wie GEGENBAUR mit gutem Grunde glaubt, des Verlustes der Copulationsorgane, welche sich bei fossilen und recenten Selachiern an diesen stets finden.

Ausser zum Schwimmen werden die nach dem hier entwickelten Typus des uniserialen Archipterygium gebauten Flossen nur von hoch differenzirten Rochen zu einer Art Stütze gebraucht, wenn die Angabe von JAEKEL (1894) sich bestätigt, dass diese Thiere den jüngsten Theil ihres Bauchflossenskelets, das Propterygium, als „Lauffinger“ benutzen, um beim Schweben dicht über dem Boden des Wassers sich von diesem abzustossen. Offenbar ist hier keine Anknüpfung für die Kriechfunction der terrestren Gliedmaasse zu suchen. Die Ausgestaltung der Musculatur der Extremitäten dieser ganzen Entwicklungsrichtung hat das Gemeinsame, dass sie sich relativ wenig über den ursprünglichen Zustand insofern emporhebt, als die Insertionen fast ausschliesslich an der Haut und deren Versteifungen befestigt bleiben. Gerade dieser Typus wird bei ihnen zur vollen Entfaltung gebracht und für die Locomotion functionell aufs Intensivste ausgenutzt. Die Entwicklung der terrestren Extremität geht aber ganz andere Wege. Für sie ist die Insertion der Muskeln am Knorpel und die dadurch bedingte winkelige Knickung und Beweglichkeit der Theile des inneren Skelets gegen einander Voraussetzung.

γ) Secundäre Ausgestaltung durch terminales Wachsthum in der Richtung oder parallel der Extremitätenaxe.

Die zweite Entwicklungsreihe, welche von der Urflosse mit primärem Distichopterygium ausgeht, zeichnet sich dadurch aus, dass das terminale Wachsthum der Axe und die biserialer Neubildung von Seitenradialen in der alten Weise weiterschreitet. Da jedoch damit eine zur Rumpfwand senkrechte Lage des Axenstrahles unvereinbar, weil mechanisch beim Schwimmen undenkbar ist, klappt die Extremität um und legt sich der Rumpfwand an, indem sie ihre Platte aus der horizontalen Ebene in eine senkrechte, der seitlichen Rumpfwand parallele Lage bringt (Textfigur 23f und 24c, d).

Diese Bewegung kann offenbar in zweierlei Art ausgeführt werden, einmal indem der präaxiale Rand dorsalwärts gewendet wird, so dass also die stärkeren und weniger zahlreichen Seitenradialen des

Knorpelskelets nach oben, die schwächeren und zahlreicheren nach unten, die dorsalen Muskeln nach innen (medialwärts) und die ventralen nach aussen (lateralwärts) zu liegen kommen (Textfigur 24c). Die andere Möglichkeit ist die, dass gerade umgekehrt der präaxiale Rand sich ventralwärts wendet, die starken Seitenradien nach unten und die dorsalen Muskeln nach aussen schauen (Textfigur 24d). Beide Arten der Bewegungen sind in der That ausgeführt worden, und die Endstadien sind noch bei den heute lebenden Vertebraten erhalten. Theils ist die Drehung noch entwickelungsgeschichtlich zu verfolgen (*Ceratodus*, Amphibien, Amnioten), immer aber an dem verschiedenen Verhalten der Nerven und der verschiedenen Lage ihrer Theilungsstellen in ehemals dorsale und ventrale Flossenäste zu erkennen (vergl. Textfigur 24c und d mit a, p. 166).

Die präaxiale Kante der Extremität wird von solchen Flossen dorsalwärts emporgeschlagen, welche nach wie vor zum Schwimmen gebraucht werden. Es sind freilich eigenartige Schwimmer, welche hierhin gehören (Vorderflosse der Dipnoer, der Crossopterygier, vielleicht auch der Amiaden und

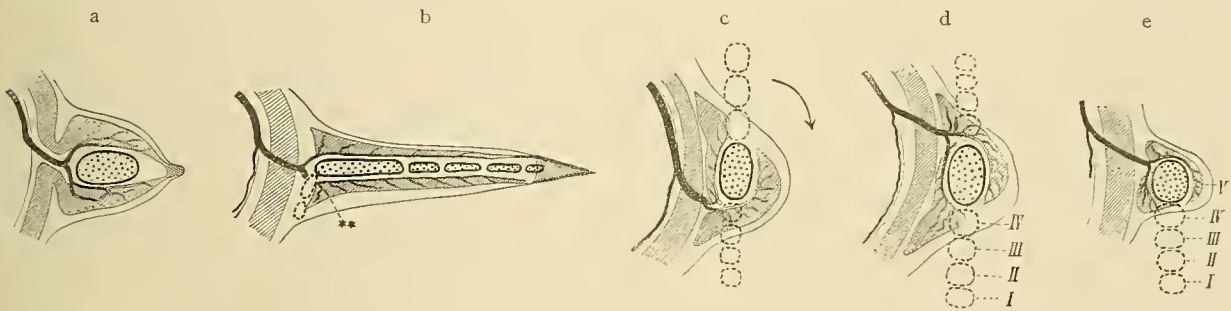


Fig. 24. Schema der Lage des Pterygium und Chirodium, sowie der Musculatur und Nerven bei diesen. Querschnittsbilder. Inneres Skelet getüpfelt, äusseres Skelet von links-oben nach rechts-unten schraffirt; Musculatur in umgekehrter Richtung schräg schraffirt; Nerven fett schwarz.

a Hypothetische Urform mit primärem Astichopterygium. Musculatur im Zusammenhang mit Rumpfmuskeln.

b Monostichopterygium in Horizontalstellung. Selachierflosse.

c Secundäres Distichopterygium in Verticalstellung. *Ceratodus*-Brustflosse in Ruhelage. Der Pfeil giebt die Bewegungsrichtung bei Einnahme der Stützstellung an.

d Dasselbe. *Ceratodus*-Beckenflosse in Ruhelage. Die kräftigen Seitenradien (I, II etc.) sehen ventralwärts.

e Monostichopterygium in Verticalstellung, pentadactyle Extremität eines Amphibs. Stellung wie bei d.

Die Figuren c, d, e sind so gedacht, dass der Stammstrahl in einem Querschnitt, die Seitenradien (punktirt) weiter terminalwärts in einem anderen getroffen und in die Ebene der Zeichnung projectirt sind. Die Muskeln und Nerven durchlaufen in Wirklichkeit von den kräftiger contourirten Partien zu den schwächer umrandeten hin eine beträchtliche Strecke in baso-terminaler Richtung. Durch die Projection in die Ebene dieses Papiers wurde eine plastische Wiedergabe derselben sehr erschwert. Sie ist wie beim Skelet nur angedeutet.

Teleostier), nämlich meist träge, potamophile Fische oder doch solche See- und Flussfische, deren Schnelligkeit und Schwimmkunst nicht den wenig entwickelten paarigen Flossen, sondern der Rumpf- und Schwanzmuskulatur ausschliesslich zugeschrieben werden muss. Es liegt ja auch klar zu Tage, dass die vertical gestellte Flossenplatte beim Schwimmen eine viel geringere Wirkung auf das Wasser hat als die horizontal stehende. Erstere wird ihren Mangel, den sie dem terminalen Längenwachsthum zu Liebe auf sich genommen hat, wenigstens bei ihren Bewegungen durch periodisches Zurückkehren in die Horizontallage zu compensiren versucht haben (siehe Pfeil in Textfigur 24c). So erkläre ich es mir, dass die starken präaxialen Seitenradien hier dorsalwärts gedreht worden sind. Denn der dorsale Rand der vertical gestellten Schwimmflosse wird bei Drehbewegungen in der Richtung des Pfeiles (Textfigur 24c) grösseren Widerstand als der ventrale, bloss der Rumpfwand sich nähernde zu überwinden haben.

Die Brustflosse der **Crossopterygier** steht dem hier beschriebenen Urzustande noch ziemlich nahe. Aus dem primären Distichopterygium ist jedoch, wahrscheinlich durch eine Reihe basaler Verwachsungen der Seitenradien mit dem Hauptstrahl, ein secundäres geworden, bei welchem eine breite centrale

Knorpelplatte rundum an ihrer Peripherie kurze Radien trägt (Undinastadium, GEGENBAUR, Textfigur 20c, p. 231). Von letzteren entwickeln sich die äussersten zu besonders starken, am Schultergürtel articulirenden, verknöcherten Stäben (Marginalia), welche die Knorpelplatte und die übrigen Radien durch ihre functionelle Prävalenz allmählich schwächen. Erstere verliert die gelenkige Verbindung mit dem Brustgürtel, von letzteren büssen manche den Zusammenhang mit der Knorpelplatte ein und gehen theilweise zu Grunde oder fallen ganz aus (*Polypterus*, *Calamoichthys*, p. 232).

Musculatur und Nervensystem gingen dabei ihre eigenen Wege. Der Knorpel bleibt von Muskelinsertionen frei. Diese heften sich ausschliesslich an die jüngsten Erwerbungen der Flosse, die knöchernen Marginalia, an und bilden sich hier zu ziemlich selbständigen Muskelindividuen aus, welche gewiss der Flosse eine sehr vielfältige Beweglichkeit zu geben im Stande sind. Die alte, an dem Hautskelet befestigte Musculatur dehnt dagegen ihre Ursprünge auf den Knorpel und selbst auf die distalen Radien des inneren Skelets aus. Sie ersetzt die Einengung ihrer Ursprungsfläche am Brustgürtel durch eine longitudinale Zwischensehne, welche in der Richtung der ursprünglichen Axe verläuft (p. 235). Es ist dagegen bei den Verschmelzungen und Veränderungen innerhalb des Knorpelskelets (Textfigur 20a–e, p. 231) eine engere Beziehung der Inscriptiones tendineae mit dem inneren Skelet, wie sie bei anderen Extremitäten der hier behandelten Entwicklungsrichtung zu Stande kommt (s. u.), nicht eingetreten. Die Muskelfasern haben sich vielmehr, soweit sie ihre alten Insertionen behielten, nach den Knochenstrahlen des äusseren Skelets orientirt und sind dadurch, wie es scheint, in die Richtung der Inscriptiones gerathen, so dass letztere verschwanden. Nervenlängsstämme, wie sie prä- und postaxial beim primären Distichopterygium durch Umwandlungen der zugehörigen Musculatur entstehen, sind vorhanden und haben sich auf dem Knorpel so ausgebreitet und verbunden, dass die genaue Lage der ursprünglichen Axe nur mit Wahrscheinlichkeit durch sie bestimmt werden kann (Textfigur 19, p. 229). Doch zeugt die Richtung der distalen Knorpelradien, der Contour der Flosse (KLAATSCH, 1896) und, kann ich hinzufügen, die Richtung beider Längsinscriptionen und der Gefässlöcher im Knorpel für ungefähr dieselbe Stelle (p. 230).

Wahrscheinlich, aber nicht sicher sind an das Undinastadium (s. o.) die inneren Skelete der Brustflossen bei den **Amiaden** und an diese die Einrichtungen bei **Teleostiern** anzuknüpfen. Bei ersteren ist eine auffällig breite Knorpelplatte mit peripherem, aber nur einseitig gut entwickeltem Besatz von Seitenradien erhalten. Doch sitzt am anderen Rande ein kleines Knorpelstück, welches vielleicht als Rest eines postaxialen Radius zu deuten ist (Textfigur 20f, p. 231 und 234).

Es ist, trifft diese Deutung zu, eine der ersten Entwicklungsreihe (p. 278) insofern ähnliche Richtung der Ausbildung eingeschlagen worden, als wesentlich die präaxiale Seite der Flosse wuchs und deren inneres Skelet zur Stütze verwandt wurde, während bei recenten Crossopterygiern auch die postaxiale Seite betheiligt ist und durch Massenausdehnung der vorhandenen Radien das Minus ihrer Zahl gegenüber denen der anderen Seite wett macht. Musculatur und Nerven erinnern bei *Amia* im Detail an die parallelen Verhältnisse bei Selachiern, verrathen aber auch mannigfache Rückbildungen. Bei Knochenfischen werden letztere immer manifester, indem oft das ganze innere Skelet der freien Flosse mit dem Brustgürtel verschmilzt. Damit beschränkt sich die Wirkung der Muskeln in der Flosse natürlich völlig auf das äussere Skelet (Abasipterygium). Rückbildungen noch stärkerer Art finden wir in den Beckenflossen der Amiaden und Teleostier (p. 227, 252).

Am wenigsten verändert erhielt sich der Typus des primären Distichopterygium bei den **Dipnoern** und zwar speciell bei **Ceratodus**. Er weicht hier von der ursprünglichen Form nur dadurch ab, dass die vordersten Seitenradien (Textfigur 23f, p. 275) nur noch entwicklungsgeschichtlich in der ursprünglichen Lage und Form auftreten (SEMON, 1898), beim ausgebildeten Thier aber entweder ganz verschwinden (i. prä-

axialer Strahl der Brustflosse) oder doch meistens an ihrer Basis mit dem Axenstrahl verschmelzen und die Verbindung mit ihrer ursprünglichen Anheftungsstelle an der Axe verlieren (alle übrigen bei beiden Flossen, Textfigur 21, p. 256). Die Folge ist eine Einengung der Extremitätenbasis gegenüber früheren Zuständen (Textfigur 25 b, p. 284), welche, wie bereits GEGENBAUR (1879) und v. DAVIDOFF (1879) anführten, der freieren Beweglichkeit der Gliedmassen an ihrer Basis zu Gute kommt.

Im Längenwachstum und in der sich daran anschliessenden Abgliederung von Radien ist dagegen das innere Knorpelskelet bei den *Ceratodus*-Gliedmassen gegenüber dem primären Distichopterygium in fortschreitender Zunahme begriffen, indem dasselbe sowohl terminal wie biserial weiter sprosst und sich gliedert. Es zeigt sich diese Wachstumsfähigkeit an der Spitze der normalen Flosse (SEMON, 1898, p. 75, und bei gelegentlichen Verletzungen in der prompten Ergänzung fehlender Theile durch neue Sprossen (Textfigur 21 d und p. 259).

Aus diesem fortschreitenden Wachstum, welches natürlich durch die kräftige Entwicklung und Wirkung der Extremitätenmuskulatur erzeugt wird, resultirte eine langsame, aber durchgreifende Umgestaltung der Weichtheile der Gliedmassen. Dieselbe ist bei beiden Extremitäten in den Hauptzügen die gleiche und unabhängig von der verschiedenen Stellung, auf welche gleich noch zurückzukommen sein wird. Die baso-terminale Richtung nämlich, in welcher das Wachstum erfolgte, steht direct rechtwinklig zur Richtung der Inscriptiones tendineae und der haploneuren Muskelbänder bei den primitiven Extremitätenmuskeln. In Folge dessen ist anzunehmen, dass die Muskelfasern eines jeden Myotoms in der Längsrichtung der Flosse auszuwachsen suchten und sich dabei gerade auf der Axe der Gliedmassen sehr stark mit den Fasern der Nachbarsegmente vermischten. So formten sich lange polyneure Muskeln, welche longitudinal über die Flosse hinziehen und nur nach den Rändern divergiren, um sich an den Hornstrahlen des äusseren Skelets anzuheften. Die Nerven verrathen die vollzogenen Veränderungen, indem sie dichte prä- und postaxiale Plexus mit Längsstämmen (Beckenflosse) oder deutlichen Netzsträngen (Brustflosse) in der Extremität entstehen liessen (p. 164, Textfigur 15, p. 196).

Man sollte erwarten, dass bei diesen Metamorphosen die Inscriptiones tendineae verloren gingen, da sie bei dem Hin und Her der Muskelverschiebungen beständig durchbrochen werden mussten. Aber diese Zwischensehnen haben manchmal, wie Studien an der Rumpfmuskulatur lehren (FÜRBRINGER, 1897, diese Abhandl., p. 169 u. f.), die Fähigkeit, stets sich wieder zu regeneriren und dadurch die alte Stellung und Form zu behalten. Das zeigt sich auch bei den Gliedmassen des *Ceratodus*. Denn die Inscriptiones sind gerade an dem Axentheile der Flossen geblieben, schliessen aber nicht mehr segmentale Muskeln, sondern Pseudomyomeren ein (p. 168).

Der Grund für die Erhaltung der Zwischensehnen liegt vornehmlich in der Verbindung derselben mit dem inneren Flossenskelet. Das letztere gliedert sich zwischen den Inscriptiones durch quere Trennungen in einzelne Glieder (Mesomeren). Es wird durch diese Einrichtung eine viel zweckmässigere Befestigung der langen Muskeln erreicht, als wenn dieselben ohne Beziehungen zum Knorpel an den Hornfäden zögen (Textfigur 1, p. 150, 151). Von grosser Wichtigkeit wird für die höheren Thiere ein Gelenk, welches sich zwischen dem 1. und 2. Mesomer ausbildete, weil hier zum ersten Mal ein Ellenbogen- resp. Kniegelenk auftritt (SEMON, 1898).

Die Inscriptiones tendineae und ihre Anheftungen am Gliedmassenknorpel wurden der Ausgangspunkt neuer, wichtiger Einrichtungen. Denn hier gelangen Muskelfasern in grösserer Zahl an den Knorpel und inseriren an seiner Fläche. Es vollzieht sich das hauptsächlich an den beiden vordersten Mesomeren und an den Seitenstrahlen (Parameren).

Das neue Gelenk der *Ceratodus*-Flosse (Ellenbogen- resp. Kniegelenk) und die neuen Insertionen der Extremitätenmuskeln am Flossenknorpel haben ihrerseits Beziehungen zu der charakteristischen Stellung und Function, welche die Hinterflosse ständig, die Vorderflosse nur nach Aufgabe ihrer oben bereits erwähnten Ruhelage einnimmt (SEMON, THOMSON, Textfigur 4, p. 154). Es ist das die zweite Art der Drehung, von welcher die Rede war (p. 280), die sich hier vollzog. Die kräftigen präaxialen Radien gerathen in ventrale Lage, die dorsalen Muskeln werden zu lateralen, die ventralen zu medialen (Textfigur 24d). Bedingt wurde diese Art der Drehung der Extremität bei der Hinterflosse und wird sie gegebenen Falles bei der Vorderflosse durch eine neue Function: das Aufstützen der Flossen auf den Boden der Gewässer. Die Stützstellung wurde ermöglicht durch die kräftige Ausbildung der präaxialen Radien, da diese zuerst auf den Boden treffen, durch die Insertionen der Muskeln am Knorpel und die dadurch bedingte directe und grössere Wirkung der Musculatur auf die Strahlen, welche als Stütze zu dienen haben (p. 152), schliesslich durch die freiere Beweglichkeit der Flosse in zwei Gelenken gegenüber der früher nur in Einzahl vorhandenen Diarthrose am Gliedmaassengürtel.

Die **pentadactylen Gliedmaassen** gehören den Merkmalen ihrer primitiveren Formen (Urodelen) nach in diese zweite der beiden Hauptentwicklungsrichtungen, welche zu unterscheiden sind. In dieser haben sie die nächste Verwandtschaft mit der letztbesprochenen Gruppe¹⁾. Denn auch das Chiridium ist so gedreht, dass die präaxialen Seitenradien ventralwärts schauen (Textfigur 24e). Diese Bewegung wird entwicklungsgeschichtlich von den Extremitätenanlagen selbst bei höheren Pentadactyliern (Amnioten, KÖLLIKER, 1879) noch vollzogen; die endgültige Lage ist als eine gerade entgegengesetzte zu der beispielsweise von der Vordergliedmaasse mancher Ganoiden oder des *Ceratodus* in ihrer Ruhelage eingenommenen Stellung seit langem erkannt (p. 262).

Die Proamphibien drehten aber beide Extremitäten in die Stützstellung, welche bei *Ceratodus* nur die hintere ständig einnimmt, die vordere dagegen, falls es functionell nöthig ist, nach Belieben annehmen kann. Es wurden also von vornherein von den Tetrapoden dauernde Beziehungen zur Stützfunction gewonnen, indem ein präaxialer Seitenstrahl des primären Distichopterygium nach dem anderen (Textfigur 23d, I–IV) nebst dem Ende des Hauptstrahles zum Aufstemmen und bald wahrscheinlich zum Fortschieben auf dem Boden seichter Gewässer, schliesslich zum Kriechen auf dem Festland benutzt wurde. Dadurch, dass die Stützfunction früher sich anbahnte und schneller vervollkommnet wurde als bei den Dipnoern, erklärt es sich, dass keine Verschmelzungen präaxialer Parameren mit Axengliedern oder gar ein Verlust von solchen zu Stande kam, wie bei jenen.

Gerade die präaxialen Seitenradien werden besonders aus- und fortgebildet. Der erste erzeugte den Radius bei der vorderen, die Tibia bei der hinteren Extremität und die jenen Knochen folgenden Terminalglieder in Hand und Fuss. Aus dem zweiten entstand das Intermedium mit seinen terminalen Fortsetzungen bei beiden Gliedmaassen (p. 259, 263). Wie die Skeletentwicklung genau weiter ging, ist schwer zu sagen. Denn entweder ist der Process so verlaufen, dass auf den zweiten präaxialen Strahl noch ein dritter und vierter und schliesslich der Axenstrahl benutzt wurde, ein Vorgang, dem GEGENBAUR (1898) die grösste Wahrscheinlichkeit vindicirt, oder so, dass nur noch ein drittes oder vielleicht gar kein präaxiales Paramer mehr benutzt und statt dessen der Axenstrahl und postaxiale Radien in die pentadactyle Extremität aufgenommen wurden.

1) Neuerdings werden sie vielfach (EMERY, 1887; POLLARD, 1892; KLAATSCH, 1896; GILL, 1897) in Beziehung zu der Brustflosse der Crossopterygier gebracht. Die Stellung derselben bei *Polypterus* ist aber um 180° verschieden, die Musculatur einseitig hoch differenzirt, aber ohne alle Anknüpfung an die Tetrapoden (p. 261). Um das Skelet der letzteren auf die *Polypterus*-Flosse zurückzuführen, sind gewaltige Veränderungen zu postuliren, für welche nur dürftige und auch anders zu deutende Anhaltspunkte vorliegen. Endlich bietet die hintere *Polypterus*-Flosse als rudimentäres Organ mit der pentadactylen Extremität nicht die geringste Verwandtschaft (vergl. p. 254 Anm.). Ich halte deshalb diese Hypothese für wenig glücklich.

Der erstere Process erscheint auch mir nach Lage, Bau und Function des primären Distichopterygium bei den Proamphibien wahrscheinlicher als die beiden anderen. Denn die ständige Benutzung der Gliedmaassen zum Aufstützen und Fortschieben muss bald die Schwimmfähigkeit beeinträchtigt haben. Wenigstens eine breite Schaufelflosse, wie sie *Ceratodus* noch hat und sogar progressiv aus dem primären Distichopterygium weiter entwickelte, erschien überflüssig. So kommen alle beim Kriechact entbehrlichen Seitenradien, deren Entwicklung ja erst die Breitenausdehnung der freien Urflosse bedingte, in Fortfall. Es bildet sich die oligactinote Extremität aus der polyactinoten Flosse. Auch nach diesen Verlusten war die Extremität noch für mässige Schwimmbewegungen im Wasser brauchbar, wie Molche und Frösche lehren. Bei der functionellen Mehrbeanspruchung der präaxialen und relativen Unthätigkeit der postaxialen Seite der Gliedmaassen bei den Protetrapoden musste der Verlust naturgemäss in erster Linie die letztere treffen. Ich glaube deshalb, dass von postaxialen Radien wahrscheinlich nur Reste erhalten sind, wie sie vielleicht im Pisiforme und anderen Rudimenten erhalten sind (Textfigur 25c, punktirte Radien).

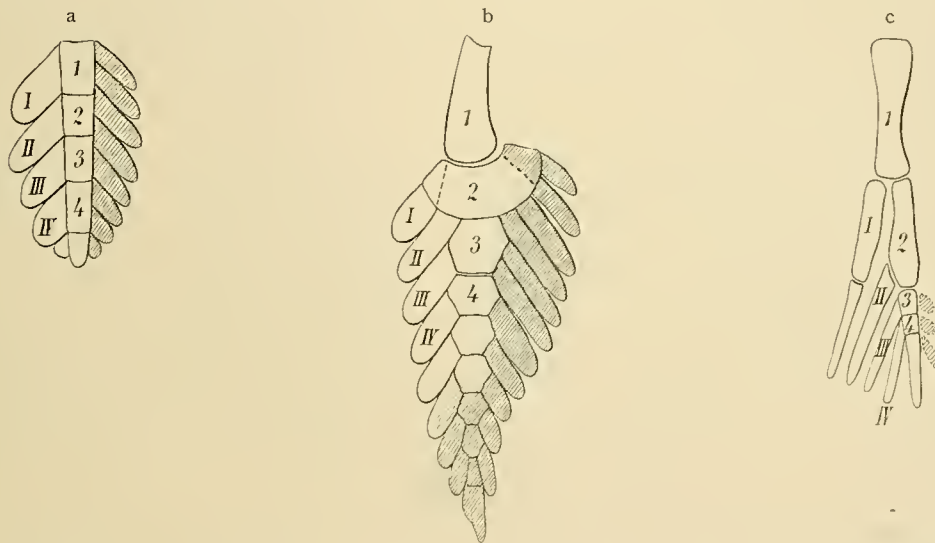


Fig. 25. Schema der terminalen Entwicklung beim Dipno- und Cheiropterygium. a Primäres Distichopterygium (vergl. Textfigur 23c₂). b *Ceratodus*-Bauchflosse. c Pentadactyle Extremität. Die beim Chiridium rudimentäre oder ganz in Fortfall kommende Radiengruppe ist in den beiden anderen Skeleten wie bei diesem schräg schraffirt.

Etwas anderes spricht auch noch für die Bevorzugung der präaxialen Seite. Beim *Ceratodus* wird das 1. Mesomer und damit die ganze freie Flosse dadurch beweglicher, dass seine Parameren sich dem 2. Mesomer anzuschliessen suchten. Die Biserialität blieb aber streng erhalten. Die Parameren, welche dem 1. Mesomer entzogen wurden, mussten also beim 2., falls sie nicht oder nicht alle zu Grunde gingen, zur Verbreiterung beitragen (Textfigur 25b). Es staute sich gleichsam das in Bewegung gerathene Knorpelmaterial bald, weil die Seitenradien der folgenden Mesomeren nicht ausweichen konnten. Beim Cheiropterygium jedoch trat keine Stauung ein, weil die im Wege stehenden Radien rudimentär wurden und verloren gingen. Nur 5 (oder möglicher Weise in den ersten Anfängen eine nur wenig grössere Zahl) waren die Auserwählten, welche sich auf Kosten der anderen entwickelten und ausdehnten. Früh müssen Radius und Tibia schon dem 2. Mesomer (Ulna und Fibula) parallel geworden sein; denn sie haben das grösste terminale Wachstum von allen Seitenstrahlen zu Wege gebracht (Textfigur 25a I) und konnten das nur in dieser Stellung. Das involvirte eine Lageänderung der folgenden präaxialen Seitenstrahlen, die alle dahin tendiren mussten, in die Richtung der Axe zu gelangen. Woher sollte der Raum für diese

Veränderungen genommen werden, wenn nicht die postaxialen Radien früh aus dem Wege geschafft wurden?

Das Monostichopterygium (uniseriale Archipterygium) der tetrapoden Gliedmassen ist also, falls nicht doch spätere, sichere Erfahrungen über den Bau von Carpus und Tarsus eine Conservirung postaxialer Strahlen in ihm und dadurch eine beschränkte Biserialität nachweisen werden, jedenfalls von dem aus denselben (uniserialen) Bestandtheilen zusammengesetzten Knorpelskelet der Selachier- und Ganoidenflossen seiner ganzen Genese nach völlig verschieden. Die uniserialen Archipterygia haben sich dort durch laterales, hier durch terminales Wachstum, dort durch Ausdehnung der Gliedmaasse in die Breite, hier durch solche in die Länge entwickelt.

Wie die Dipnoer in der Ausbildung des Flossenskelets aus dem primären Distichopterygium (am reinsten bei der Hintergliedmaasse), in der fast gleichmässigen Entwicklung beider Extremitäten und in der Art ihrer obligatorischen oder facultativen Stellung am meisten den Proamphibien sich nähern, von recenten Pentadactyliern aber durch die progressive Entfaltung des biserialen Typus (mit „Stauung“, s. o.) verschieden sind, so bieten auch Musculatur und Nervensystem, die treibenden Factoren für die Skeletogenese, in den Grundeinrichtungen allenthalben directe Anknüpfungen, in der speciellen Gestaltung dagegen mannigfache Divergenzen.

Die Insertion von Muskeln am inneren Skelet der Extremität ist auch bei Pentadactyliern entwickelt. Hier ist aber dieser, bei *Ceratodus* nur in statu nascendi gleichsam stehen gebliebene Modus zur beherrschenden Einrichtung der ganzen Gliedmassenmusculatur geworden. Während bei Dipnoern nur die beiden ersten Mesomeren und einige Parameren zahlreicheren Muskelinsertionen Anheftung boten und von distalen Gelenken nur ein neues (Ellenbogen- resp. Kniegelenk) entstand, setzten sich bei den Proamphibien an alle sich progressiv entwickelnden Strahlen Muskeln in grosser Menge an. Es entwickelte sich ein complicirtes Hebelsystem zahlreicher sich gegen einander bewegender Glieder, und successive bildeten sich in der freien Gliedmaasse Diarthrosen an Stelle der bei Fischen beobachteten niederen Gelenkformen (SEMON, 1899B) zwischen den Skelettheilen¹⁾. Die Inscriptiones tendineae, welche bei der *Ceratodus*-Flosse im axialen Theile noch jetzt erhalten sind, verschwanden in dem Maasse, als die einheitlichen Hauptmuskeln sich in einzelne Muskelindividuen auflösten und diese sich von einander trennten. Ob Reste von ihnen überhaupt noch vorkommen (Zwischensehne des Rectus femoris) erscheint mir mit RUGE (1895) noch ungewiss.

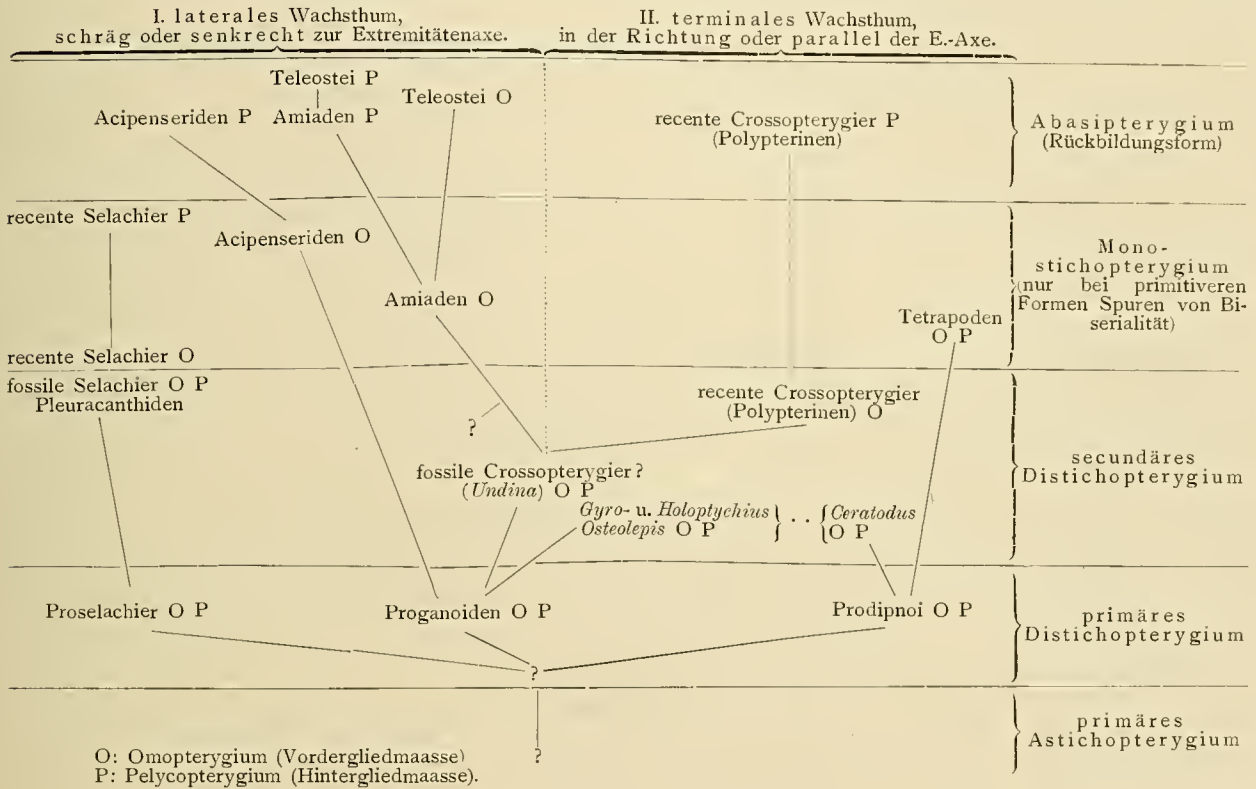
Die distalen Extremitätennerven bilden innerhalb der Muskeln dichte Geflechte und zwischen Skelet und Musculatur feste Längsstämme, wie sie in der *Ceratodus*-Bauchflosse sich anbahnen. Die proximalen Geflechte innerhalb der Rumpfwand und innen von ihr lassen nicht mehr separat verlaufende Nerven auf längere Strecken erkennen. Auch der Rest ehemaliger Trennung des proximalen Plexus in einen vorderen und hinteren, welcher bei *Ceratodus* noch vorhanden ist (Textfigur 5, p. 163), ist verschwunden. Die proximalen Geflechte bilden eine geschlossene Einheit oder bieten neue Einrichtungen (incomplete Trennungen in Gruppen ventraler und dorsaler Componenten beim Plexus lumbo-sacralis u. dgl. m.).

Eine Frage mehr untergeordneter Art ist die, ob bei den Protetrapoden auch schon Versteifungen der Extremitätenhaut nach Art der Hornfäden vorhanden waren, oder ob die primäre Musculatur ohne solche an der Cutis inserirte? Solange uns weder die Ontogenie noch Paläontologie Uebergangsstadien vor Augen führen, muss diese Frage offen bleiben. Ich habe angenommen, dass in der für alle Extremitäten gemeinsamen hypothetischen Urform mit primärem Distichopterygium (Stadium c, Textfigur 23) die Haut an den Extremitätenrändern und Insertionsstellen der Muskeln eine mehr indifferente Structur besass.

¹⁾ Dieselben sind bei Urodelen aber im distalen Theile (Hand und Fuss) noch nicht vorhanden (GEGENBAUR 1876, SEMON 1899B).

Die Anschauungen, welche in diesem, an andere vollkommene Beispiele anlehenden Versuch einer Ableitung des Ichthyo- und Cheiropterygium auf Grund der GEGENBAUR'schen Archipterygiumtheorie entwickelt sind, fasse ich zum Schluss in dem folgenden Schema zusammen, welches die Stellung der primitiven Gliedmassen in genealogischer Beziehung versinnbildlichen soll. Mögen weitere Untersuchungen und namentlich glückliche paläontologische Funde, die schon so manche dunkle Frage in der Gliedmassenmorphologie geklärt haben, auch hier dazu helfen, an Stelle der Hypothesen allmählich Realitäten zu setzen.

Den Anstoss zur endgültigen Differenzierung gab:



Würzburg, Sommer 1900.

Alphabetisches Verzeichniss der citirten Literatur¹⁾.

- ALBRECHT, P., Ueber eine in zwei Zipfel auslaufende, rechtsseitige Vorderflosse bei einem Exemplare von *Protopterus annectens*. Sitzungsber. d. K. Preuss. Akad. d. Wiss., Bd. XXXII, p. 545—546, 1 Taf., Berlin 1886.
- ALLIS, E. PH., The cranial muscles and cranial and first spinal nerves in *Amia calva*. Journ. of Morph., Vol. XII, p. 489—808, 18 Taf., Boston 1897.
- BALFOUR, F. M., A preliminary Account of the development of the Elasmobranch fishes. (Quart. Journ. of Micr. Sc., 1874.) Reprinted Memorial-Edition, Vol. I, p. 60—112, 3 Taf., London 1885.
- A monograph on the development of Elasmobranch fishes. (Journ. of Anat. and Phys., 1876—78.) Reprinted Mem.-Edit., Vol. I, p. 203—520, 15 Taf.
- A Treatise on comparative embryology, Vol. II, London 1881. Deutsch von B. VETTER: Handbuch der vergleich. Embryologie, Bd. II, Jena 1881 A.
- On the development of the skeleton of the paired fins of Elasmobranchii, considered in relation to its bearings on the nature of the limbs of the Vertebrata. (Proc. Zool. Soc. London, 1881 B.) Reprinted Mem.-Edit., Vol. I, p. 714—734, 2 Taf.
- BAUR, G., Ueber das Archipterygium und die Entwicklung des Cheiropterygium aus dem Ichthyopterygium. (Vorl. Mitth.) Zool. Anzeig., Jahrg. VIII, p. 663—666, Leipzig 1885.
- Bemerkungen über Sauropterygia und Ichthyopterygia. Zoolog. Anz., Bd. IX, p. 245—252, Leipzig 1886.
- Beiträge zur Morphologie des Carpus und Tarsus der Vertebraten. I. Theil: Batrachia. Jena 1888. (Mir nicht zugänglich. Citirt nach der Inhaltsangabe bei EMERY, 1894/95.)
- BEAUREGARD, H., Encéphale et uerfs craniens du *Ceratodus Forsteri*. Journ. de l'Anat. et de la Physiol., T. XVII, p. 230—242, 1 Taf., Paris 1881.
- BERNAYS, A., Die Entwicklungsgeschichte des Kniegelenkes des Menschen mit Bemerkungen über die Geleuke im Allgemeinen. Morph. Jahrb., Bd. IV, p. 403—446, 1 Taf., Leipzig 1878.
- BOLK, L., Die Segmentdifferenzirung des menschlichen Rumpfes und seiner Extremitäten. Beiträge zur Anatomie und Morphogenese des menschlichen Körpers, II. Theil. Morph. Jahrb., Bd. XXVI, p. 91—211, 43 Textfig. Leipzig 1898.
- Dasselbe, III. Theil, 2. Abschnitt: Die Segmente der oberen Extremität. Ibidem, Bd. XXVII, p. 670—711, 51 Textfig., Leipzig 1899.
- BOULENGER, The renewed left pectoral limb of a *Protopterus annectens*, living in the Society's gardens. Proceed. of Zoolog. Soc., 1891, p. 147—148, London 1891.
- BRAUS, H., Ueber die Rami ventrales der vorderen Spinalnerven einiger Selachier, Inaug. Diss., Jena 1892.
- Ueber die Innervation der paarigen Extremitäten bei Selachiern, Holocephalen und Dipnoern. Ein Beitrag zur Gliedmaassenfrage. Jenaische Zeitschr. f. Naturw., Bd. XXXI (N. F. Bd. XXIV), p. 239—468, 9 Taf., 3 Textfig., Jena 1898 A.
- Ueber die Extremitäten der Selachier. Verhandl. d. Anatom. Gesellsch., XII. Vers. Kiel, p. 166—180, 6 Textfig., Jena 1898 B.
- Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Musculatur und des peripheren Nervensystems der Selachier. I. Die metotischen Urvirbel und spino-occipitalen Nerven, p. 415—496. II. Die paarigen Gliedmaassen, p. 501—629. Morph. Jahrb., Bd. XXVII, 7 Taf., 12 Textfig., Leipzig 1899.
- BRONGNIART, CH., Sur un nouveau poisson fossile du terrain houillier de Commentry (Allier). Compt. rend. de l'Acad. d. Sc., T. CVI, p. 1240—1242, Paris 1888 A.
- Etudes sur le terrain houillier de Commentry, Livre. III. Faunes ichthyologique et entomologique par M. CHARLES BRONGNIART et M. EMILE SAUVAGE, Faune ichthyol., I. partie, St. Etienne 1888 B. (Mir nicht zugänglich. Inhaltsangabe bei JÄKEL, 1891.)
- BROWN, C., Ueber das Genus *Hybodus* und seine systematische Stellung. Palaeontographica (hrsg. v. ZITTEL), Bd. XLVI, p. 147—174, 2 Taf., 7 Textfig., Stuttgart 1900.
- BRUTZER, GR. G., De Scaphirhyncho Raffinescii disquisitiones anatomicae. Inaug. Diss., Dorpat 1859, 2 Taf.

1) Einen grossen Theil der von mir benutzten Literatur entlieh ich der Privatbibliothek S. Exc. des Herrn Geh. Rath v. KÖLLIKER und danke auch an dieser Stelle für die mir gütigst gewährte Erlaubniss, sowie die uner müdliche literarische Unterstützung durch den Custos Herrn HOFMANN. Den Herren Prof. BOVERI (Würzburg), FRAAS (Tübingen), FÜRBRINGER (Jena), R. HERTWIG (München), Director Dr. ANTIPA (Bukarest) verdanke ich die Beschaffung mir sonst unzugänglicher Werke.

- BUNGE, A., Ueber die Nachweisbarkeit eines biserialen Archipterygium bei Selachiern und Dipnoern. Jenaische Zeitschr. f. Naturw., Bd. VIII (N. F. Bd. I), p. 293—307, Jena 1874.
- COPE, E. D., Synopsis of the families of Vertebrata. American Naturalist, Vol. XXIII, p. 849—877, Philadelphia 1889.
- On *Symmorium*, and the position of the cladodont sharks. Ibidem, Vol. XXVII, p. 999—1001, Philadelphia 1893.
- New and little known palaeozoic and mesozoic fishes. Journ. Acad. Nat. Sciencs, Vol. IX, p. 427—448, 5 Fig., Philadelphia 1894, 1895. (Mir nicht zugänglich. Inhaltsangabe bei BROWN, 1900.)
- CUVIER, G., et DUMÉRIL, C., Vorlesungen über vergleichende Anatomie, übers. von J. F. MECKEL, II. Theil, Leipzig 1809.
- et VALENCIENNES, M., Histoire naturelle des poissons, T. I, Paris 1828.
- DAVIDOFF, v. M., Beiträge zur Anatomie der hinteren Gliedmaasse der Fische. I. Haie, Chimaera und Ganoidei chondrostei. Morph. Jahrb., Bd. V, p. 450—520, 4 Taf., 1 Textfig., Leipzig 1879.
- Dasselbe. II. Ganoidei holostei mit einem Anhang über das Becken einiger Physostomen. Ibidem, Bd. VI, p. 125 bis 128 und p. 433—468, 3 Taf., Leipzig 1880. (Auch als Inaug. Diss. Leipzig.)
- Dasselbe. III. *Ceratodus*. Ibidem, Bd. IX, p. 117—162, 2 Taf., Leipzig 1883.
- DEAN, B., Contribution to the morphology of *Cladoselache* (*Cladodus*). Journ. of Morph., Vol. IX, p. 87—114, Boston 1894.
- The fin fold origin of the paired limbs, in the light of the Ptychopterygia of palaeozoic sharks. Anat. Anz., Vol. XI, p. 673—679, 8 Textfig., Jena 1896.
- Remarks on the affinities of *Palaeospondylus gunni*. In reply to Dr. R. H. TRAQUAIR Proceed. of the Zoolog. Soc., 1898, p. 343—347, London 1898.
- The Devonian Lamprey *Palaeospondylus gumi* TRAQUAIR, with notes on the systematic arrangement of the fish-like Vertebrates. New-York Acad. of Scienc. Memoirs, Vol. II, p. 1—30, 1 Taf., New York 1900.
- DÖDERLEIN, L., Das Skelet von *Pleuracanthus*. Zoolog. Anz., Bd. XII, p. 123—127, 1 Textfig., Leipzig 1889.
- DOHRN, A., Studien zur Urgeschichte des Wirbelthierkörpers. IV. Die Entwicklung und Differenzirung der Kiemenbogen der Selachier. Mittheil. aus d. Zoolog. Station zu Neapel, Bd. V, p. 102—151, 3 Taf. VI. Die paarigen und unpaaren Flossen der Selachier. Ibidem, Bd. V, p. 161—195, 1 Taf., Leipzig 1884.
- DUMÉRIL, A., Histoire naturelle des poissons ou ichthyologie générale. Elasmobranches, Paris 1865, Atlas.
- EISLER, Die Homologie der Extremitäten. Morphologische Studien. Abhandl. d. Naturf. Gesellsch. Halle, Bd. XIX, p. 1—258, 3 Doppeltaf., 17 Textfig., Halle 1895.
- EMERY, C., Ueber die Beziehungen des Cheiropterygium zum Ichthyopterygium. Zoolog. Anz., Bd. X, p. 185—189, 5 Textfig., Leipzig 1887.
- Studi sulla morfologia dei membri degli Anfibi e sulla filogenia del chiropterygio. Ricerche Laborat. di Anat. normale, Vol. IV, p. 4—35, 2 Taf., 6 Textfig., Roma 1894—95.
- Ueber die Beziehungen des Crossopterygium zu anderen Formen der Gliedmaassen der Wirbelthiere. Eine kritische Erwiderng an Herrn Prof. KLAATSCH. Anatom. Anz., Bd. XIII, p. 137—149, 6 Textfig., Jena 1897A.
- Beiträge zur Entwicklungsgeschichte und Morphologie des Hand- und Fuss skelets der Marsupialier. SEMON, Zool. Forschungsr. II (Jen. Denkschr. V), p. 369—400, 4 Taf., 13 Textfig., Jena 1897B.
- FRITSCH, A., Ueber die Brustflosse von *Xenacanthus decheni* GOLDF. Zoolog. Anz., Bd. XI, p. 113—114, 1 Textfig. Leipzig 1888.
- Fauna der Gaskohle und der Kalksteine der Permformation Böhmens, Bd. II, 44 Taf., 79 Textfig., Prag 1889.
- FÜRBRINGER, M., Zur vergleichenden Anatomie der Schultermuskeln. I. Jen. Zeitschr., Bd. VII, p. 237—320, 4 Taf., Leipzig 1873. II. Ibidem, Bd. VIII, p. 175—280, 3 Taf., Jena 1874. III. Morph. Jahrb., Bd. I, p. 636—816, 4 Taf., Leipzig 1876. IV. Jen. Zeitschr., Bd. XXXIV, p. 215—718, 5 Taf., 141 Textfig., Jena 1900.
- Untersuchungen zur Morphologie und Systematik der Vögel, zugleich ein Beitrag zur Anatomie der Stütz- und Bewegungsorgane, Bd. I und II, Amsterdam-Jena 1888.
- Ueber die mit dem Visceralskelet verbundenen spinalen Muskeln bei Selachiern. Jen. Zeitschr. f. Naturw., Bd. XXX (N. F. Bd. XXIII), p. 127—135, Jena 1895.
- Ueber die spino-occipitalen Nerven der Selachier und Holocephalen und ihre vergleichende Morphologie. Festschr. f. C. GEGENBAUR, Bd. III, p. 350—788, 8 Taf., Leipzig 1897.
- GARMAN, S., Fishes. Reports on an exploration off the west coasts of Mexico, Central and South America and off the Galapagos Islands, XXVI. 97 Taf. Memoirs of the Museum of Compar. Zoolog. Harvard Coll., Vol. XXIV, Cambridge U. S. A. 1899.
- GEGENBAUR, C., Untersuchungen zur vergleichenden Anatomie der Wirbelthiere. II. Schultergürtel der Wirbelthiere, Brustflosse der Fische, 9 Taf., Leipzig 1865.
- Ueber die Entwicklung der Wirbelsäule des *Lepidosteus*. Jen. Zeitschr., Bd. III, p. 359—420, 3 Taf., Jena 1868.
- Ueber das Skelet der Gliedmaassen der Wirbelthiere im Allgemeinen und der Hintergliedmaassen der Selachier insbesondere. Ibidem, Bd. V, p. 397—447, 2 Taf., Leipzig 1870.

- GEGENBAUR, C., Ueber das Archipterygium. Ibidem, Bd. VII, p. 131—141, 1 Taf., Leipzig 1873.
- Zur Morphologie der Gliedmassen der Wirbelthiere. Morph. Jahrb., Bd. II, p. 396—420, 4 Textfig., Leipzig 1876.
- Zur Gliedmassenfrage. An die Untersuchung v. DAVIDOFF's angeknüpfte Bemerkungen. Ibidem, Bd. V, p. 521—525, Leipzig 1879.
- Ueber die Occipitalregion und die ihr benachbarten Wirbel der Fische. Festschr. f. A. v. KÖLLIKER, 1 Taf., Leipzig 1887.
- Das Flossenskelet der Crossopterygier und das Archipterygium der Fische. Morph. Jahrb., Bd. XXII, p. 119—160, 5 Textfig., Leipzig 1895.
- Vergleichende Anatomie der Wirbelthiere mit Berücksichtigung der Wirbellosen, Bd. I, Leipzig 1898.
- GILL, TH., On the derivation of the pectoral member in terrestrial vertebrates. Report of the 67. Meet. British Assoc. at Toronto 1897, p. 697, London 1898.
- GÖTTE, A., Ueber Entwicklung und Regeneration des Gliedmaassenskelets der Molche, 5 Taf., Leipzig 1879.
- GOLDFUSS, Ueber das älteste der mit Bestimmtheit erkannten Reptilien, einen Crocodilier, und einige neue fossile Fische aus der Steinkohlenformation. Neues Jahrb. f. Mineralogie etc. LEONHARD u. BRONN, Jahrg. 1847, p. 400—404, 1 Taf., Stuttgart 1847.
- GÜNTHER, A., Description of *Ceratodus*. Phil. Transact., Part. II, p. 511—572, 13 Taf., London 1871.
- HAECKEL, E., Systematische Phylogenie der Wirbelthiere (Vertebrata). Berlin 1895.
- HÄMMERLE, L., Zur Anatomie der Brustflosse des *Periophthalmus koelreuteri*. Berichte der Naturforsch. Gesellsch. Freiburg i. Br., Bd. X, p. 20—32, 5 Textfig., Freiburg 1897.
- HARRISON, R. G., Die Entwicklung der unpaaren und paarigen Flossen der Teleostier. Arch. f. mikr. Anat., Bd. XLVI, p. 500—578, 4 Taf., Bonn 1895.
- HASWELL, W. A., On the structure of the paired fins of *Ceratodus* with remarks on the general theory of the vertebrated limb. Proceed. of the Linnean Soc. New South Wales, Vol. VII, p. 2—11, 1 Taf., Sydney 1883.
- Studies on the Elasmobranch skeleton. Ibidem, Vol. IX, p. 71—119, 2 Taf., Sydney 1884.
- HATSCHEK, Die paarigen Extremitäten der Wirbelthiere. Verhandl. der Anatom. Gesellsch. Berlin 1889, p. 82—90, 4 Textfig., Jena 1889.
- HERRINGHAM, W., The minute anatomy of the brachial plexus. Proceed. R. Soc., Vol. XLI, p. 423—441, London 1887.
- HOPLEY, C. C., Observations on a remarkable development in the mud-fish (*Protopterus annectens*). The American Naturalist, Vol. XXV, p. 487—489, 5 Textfig., Philadelphia 1891.
- HOWES, G. B., On the skeleton and affinities of the paired fins of *Ceratodus* with observations upon those of the Elasmobranchii. Proc. Zool. Soc., 1887, p. 3—26, 3 Taf., London 1887.
- Observations on the pectoral fin-skeleton of the living Batoid fishes and of the extinct genus *Squaloraja* with especial reference to the affinities of the same. Ibidem 1890, p. 675—688, London 1890.
- HUMPHRY, G. M., The muscles of the smooth Dog-fish (*Mustelus levis*). Journ. of Anat. and Physiol., Vol. VI, p. 271—278, 1 Taf., Cambridge and London 1872 A.
- The muscles of *Ceratodus*. Ibidem, Vol. VI, p. 279—287, 1 Taf., Cambridge and London 1872 B.
- HUXLEY, T. H., On *Ceratodus forsteri*, with observations on the classification of fishes. Proceed. Zoolog. Soc. 1876, p. 24—58, 10 Textfig., London 1876.
- JAEKEL, O., Referate über die in den letzten Jahren erschienenen Arbeiten über Pleuracanthiden. Neues Jahrb. f. Mineral., Geol. u. Paläontol., Bd. II, p. 161—170, 1891.
- *Cladodus* und seine Bedeutung für die Phylogenie der Extremitäten. Sitzungsber. der Gesellsch. naturf. Freunde, Jahrg. 1892, p. 80—92, Berlin 1892.
- Die eocänen Selachier vom Mte. Bolca. Ein Beitrag zur Morphologie der Wirbelthiere, 8 Taf., 39 Textfig., Berlin 1894.
- Ueber die Organisation der Pleuracanthiden. Sitzungsber. der Gesellsch. naturf. Freunde, Jahrg. 1895, p. 69—85, 2 Textfig., Berlin 1895.
- Ueber die Zusammensetzung des Kiefers und Schultergürtels von *Acanthodes*. Ibidem, Jahrg. 1899, p. 1—4, 2 Textfig., Berlin 1899 A.
- Ueber die primäre Zusammensetzung des Kieferbogens und Schultergürtels. Verhandl. d. deutschen zoolog. Ges., p. 249—258, 2 Textfig., 1899 B.
- Ueber die Organisation der Petalodonten. Zeitschr. d. deutschen geolog. Ges., Bd. LI, p. 258—298, 2 Taf., 8 Textfig., 1899 C.
- JAQUET, M., Contribution à l'anatomie comparée des systèmes squelette et musculaire de *Chimaera collei*, *Callorhynchus antarcticus*, *Spinix niger*, *Protopterus annectens*, *Ceratodus forsteri* et *Axolotl*. Arch. Scienc. médic. de Bucarest, T. II, p. 174—206, 4 Taf., Paris 1897; T. III, p. 300—340, 6 Taf., Paris 1898; T. IV, p. 198—225, 5 Taf., und p. 241—273, 6 Taf., Paris 1899; T. V, p. 60—89, 6 Taf., Paris 1900.
- IWANZOW, *Scaphirhynchus*, eine vergleichend-anatomische Beschreibung, Moskau 1887. (Separat-Abdruck.)

- KATHARINER, L., Findet sich eine „Trägerfunction“ der paarigen Flossen nur bei den Dipnoern? Zool. Anz., Bd. XXII, p. 345—346, Leipzig 1899.
- KERR, J. GR., The external features in the development of *Lepidosiren paradoxa* FITZ. Philos. Transact. R. Soc., Vol. CXCII, p. 299—330, 5 Taf., London 1900A.
- Note on hypotheses as to the origin of the paired limbs of Vertebrates. Proceed. Cambridge Philos. Soc., Vol. X, p. 227—235, Cambridge 1900B.
- KLAATSCH, H., Die Brustflosse der Crossopterygier. Ein Beitrag zur Anwendung der Archipterygiumtheorie auf die Gliedmaassen der Landwirbelthiere. Festschr. für C. GEGENBAUR, Bd. I, p. 259—392, 4 Taf., 42 Textfig., Leipzig 1896.
- KNER, R., Ueber den Flossenbau der Fische. Sitzungsber. der math.-naturw. Kl. Wiener Akad., Bd. XLI, p. 807—824, Wien 1860.
- Ueber *Orthacanthus dechenii* GOLDF. oder *Xenacanthus dechenii* BEYR. Ibidem, Bd. LV, p. 540—584, 10 Taf., Wien 1867.
- KÖLLIKER, A., Entwicklungsgeschichte des Menschen und der höheren Thiere, 2. Aufl., Leipzig 1879.
- KOLZOFF, N. K., Das primäre Skelet der Bauchflossen der Teleostier. Bullet. de la Soc. imp. des Natural. de Moscou, Année 1895, T. IX, p. 514—522, 12 Textfig., Moskau 1896.
- MAREY, M., Des mouvements de natation de la Raie. Compt. Rend. de l'Acad. d. Sc., T. CXVI, p. 77—81, 2 Textfig., Paris 1893.
- MARSH, O. C., The limbs of *Sauranodon*. Am. Journ. Sc. Arts, Vol. XIX, 1880. (Citirt nach Inhaltsangabe bei THOMPSON, 1886.)
- MECKEL, J. FR., System der vergleichenden Anatomie, III. Theil, Halle 1828.
- METSCHNIKOFF, O., Zur Morphologie des Becken- und Schulterbogens der Knorpelfische. Zeitschr. f. wiss. Zoolog., Bd. XXXIII, p. 423—438, 1 Taf., Leipzig 1880.
- MIVART, ST. G., Notes on the fins of Elasmobranchs, with considerations on the nature and homologues of vertebrate limbs. Transact. of the Zoolog. Soc., Vol. X, p. 439—484, 6 Taf., London 1879.
- MOLLIER, S., Zur Entwicklung der Selachierextremitäten. Vorl. Mitth. Anat. Anz., Bd. VII, p. 351—356, Jena 1892 (21. Mai).
- Die paarigen Extremitäten der Wirbelthiere. I. Das Ichthyopterygium. Anatom. Hefte, Bd. I, p. 1—156, 8 Taf., 12 Textfig., Wiesbaden 1894 (ausgeg. am 15. Juni 1893).
- Dasselbe. II. Das Cheiropterygium. Ibidem, Bd. V, p. 433—529, 8 Taf., Wiesbaden 1895.
- Dasselbe. III. Die Entwicklung der paarigen Flossen des Störes. Ibidem, Bd. VIII, p. 1—75, 10 Taf., 17 Textfig., Wiesbaden 1897.
- MONRO, A., The structure and physiology of fishes, explained and compared with those of man and other animals, 44 Taf., Edinburgh 1785.
- MÜLLER, JOH., Ueber den Bau und die Grenzen der Ganoiden und über das natürliche System der Fische. Abhandl. der K. Akad. der Wiss., Jahr 1844, p. 117—216, 6 Taf., Berlin 1846.
- NEWBERRY, J. S., The palaeozoic fishes of North-America. Monographs of the U. St. Geolog. Survey, Vol. XVI, p. 1—228, 53 Taf., Washington 1889.
- PARKER, W. K., A monograph on the structure and development of the shoulder-girdle and sternum in the Vertebrata. London 1868 (Ray Society pro 1867).
- On the structure and development of the skull in sharks and skates. Transact. Zool. Soc., Vol. X, p. 189—234, 9 Taf., London 1878.
- POLLARD, H. B., On the anatomy and phylogenetic position of *Polypterus*. Zoolog. Jahrb., Abth. f. Anat. u. Ontog., Bd. V, p. 387—428, 4 Taf., 10 Textfig., Jena 1892.
- PUNNETT, R. C., On the formation of the pelvic plexus, with especial reference to the nervus collector in the genus *Mustelus*. Philos. Transact. R. Soc. London, Vol. CXCII, p. 331—351, 1 Taf., 7 Textfig., London 1900.
- On the formation of the pelvic plexus with especial reference to the nervus collector in the genus *Mustelus*. Zoolog. Anz., Bd. XXIII, p. 14—15, Leipzig 1900.
- RABL, C., Theorie des Mesoderms. (Fortsetzung.) Morph. Jahrb., Bd. XIX, p. 65—145, 4 Taf., 4 Textfig., Leipzig 1893 (ausgeg. am 18. August 1892).
- Vorwort zum I. Bande der Theorie des Mesoderms, Leipzig 1896.
- Ueber den Bau und die Entwicklung der Linse. III. Theil: Die Linse der Säugethiere. Rückblick und Schluss. Zeitschr. f. wiss. Zool., Bd. LXVII, p. 1—138, 4 Taf., 46 Textfig., Leipzig 1899.
- RAMSAY, E. P., A letter containing notes on the habits of some living Ceratodi in the Australian Museum, Sydney. Proceed. Zool. Soc., 1876, Vol. IV, p. 698—699, London 1877.
- RAUTENFELD, E. v., Morphologische Untersuchungen über das Skelet der Gliedmaassen von Ganoiden und Teleostiern. Inaug.-Diss. Dorpat 1882.
- REIS, O. M., Ueber *Acanthodes bronni* AGASSIZ. Morph. Arbeiten, Bd. VI, p. 143—220, 2 Taf., 3 Textfig., Jena 1896.
- ROSENBERG, E., Ueber die Entwicklung der Wirbelsäule und das Centrale carpi des Menschen. Morph. Jahrb., Bd. I, p. 83—198, 3 Taf., Leipzig 1875.

- RUGE, C., *Structurlehre der Muskelindividuen*. Morph. Jahrb., Bd. XXIII, p. 326—328, Leipzig 1895.
- SABATIER, A., *Morphologie des membres chez les poissons osseux*. Compt. rend. de l'Acad. d. Sc., T. CXXII, p. 121—125, Paris 1896.
- *Morphologie des ceintures et des membres pairs et impairs des Sélaciens*. Ibidem, T. CXXVII, p. 928—932, Paris 1898.
- SCHNEIDER, A., *Ueber die Flossen der Dipnoi und die Systematik von *Lepidosiren* und *Protopterus**. Zoolog. Anz., Bd. IX, p. 521—524, Leipzig 1886.
- *Ueber die Dipnoi und besonders die Flossen derselben*. Zoolog. Beiträge, Bd. II, 1, p. 97—105, 1 Taf., Breslau 1887.
- *Zur frühesten Entwicklung besonders der Muskeln der Elasmobranchier*. Ibidem, Bd. II, 3, p. 251—266, 1 Taf., Breslau 1890 A.
- *Studien zur Systematik und zur vergleichenden Anatomie, Entwicklungsgeschichte und Histologie der Wirbelthiere (Fragment)*, herausgeg. von ROHNE. Ibidem, Bd. II, 3, p. 267—270, 6 Taf., Breslau 1890 B.
- SEMON, R., *Die äussere Entwicklung des *Ceratodus forsteri**. Zoolog. Forschungsreisen in Australien etc. I (Jenaische Denkschr. IV), p. 29—50, 7 Taf., Jena 1893.
- *Die Entwicklung der paarigen Flossen des *Ceratodus forsteri**. Ibidem, p. 61—111, 7 Taf., 4 Textfig., Jena 1898.
- *Weitere Beiträge zur Physiologie der Dipnoerflossen auf Grund neuer, von Mr. ARTHUR THOMSON, an gefangenen Exemplaren von *Ceratodus* angestellten Beobachtungen*. Zoolog. Anz., Bd. XXII, p. 294—300, Leipzig 1899 A.
- *Zur vergleichenden Anatomie der Gelenkbildungen bei den Wirbelthieren*. Festschr. für C. v. KUPFER, p. 353—364, 1 Taf., 5 Textfig., Jena 1899 B.
- SEWERTZOFF, A., *Die Entwicklung der Occipitalregion der niederen Vertebraten im Zusammenhang mit der Frage über die Metamerie des Kopfes*. Bullet. de la Soc. imp. des Natural. de Moscou, 1895, T. IX, p. 186—284, 2 Taf. Moscou 1896.
- *Studien zur Entwicklungsgeschichte des Wirbelthierkopfes. I. Die Metamerie des elektrischen Rochen*. Ibidem 1898, p. 197—445, 4 Taf., Moscou 1898.
- SEYDEL, O., *Ueber die Zwischensehnen und den metameren Aufbau des M. obliquus thoracico-abdominalis (abdominis) externus der Säugethiere*. Morph. Jahrb., Bd. XVIII, p. 544—604, 2 Taf., 24 Textfig., Leipzig 1891.
- SHITKOV, B. M., *Ueber den Bau und die Entwicklung des Skelets der freien Gliedmaassen des *Isodactylum schrenkii* STRAUCH*. Zoolog. Anz., Bd. XXII, p. 246—257, 8 Textfig., Leipzig 1899.
- SIMROTH, H., *Die Entstehung der Landthiere. Ein biologischer Versuch*, 254 Textfig., Leipzig 1891.
- STANNIUS, H., *Zootomie der Fische*, (2. Aufl.) Berlin 1854.
- SWAN, J., *Illustrations of the comparative anatomy of the nervous system*, 26 Taf., London 1835.
- THACHER, J. K., *Median and paired fins, a contribution to the history of vertebrate limbs*. Transact. of the Connecticut Acad., Vol. III, p. 281—310, 12 Taf., 3 Textfig., New Haven 1878 (ausgegeben Februar 1877).
- *Ventral fins of Ganoids*. Ibidem, Vol. IV, p. 233—242, 2 Taf., New Haven 1877.
- THOMPSON, D'A., *On the hind limb of *Ichthyosaurus* and on the morphology of vertebrate limbs*. Journ. of Anat. and Physiol., Vol. XX, p. 532—535, 2 Textfig., London-Edinburgh 1886.
- TRAQUAIR, R. H., *On the structure and affinities of *Tristichopterus alatus* EGERTON*. Transact. of the R. Soc. of Edinburgh, Vol. XXVII, p. 383—396, 1 Taf., Edinburgh 1876.
- *On *Cladodus neilsoni* from the carboniferous limestone of East Kilbride*. Transact. Geolog. Soc. Glasgow, Vol. XVI, 1897. (Citirt nach Inhaltsangabe bei BROWN, 1900.)
- VANHÖFFEN, *Ueber die *Ceratodus*-Flosse*. Verhandl. d. Ges. deutsch. Naturf. u. Aerzte 63. Vers. Bremen 1890, II. Theil, p. 134, Leipzig 1891.
- WIEDERSHEIM, R., *Die ältesten Formen des Carpus und Tarsus der heutigen Amphibien*. Morph. Jahrb., Bd. II, p. 421—433, 1 Taf., Leipzig 1876.
- *Ueber das Becken der Fische*. Morph. Jahrb., Bd. VII, p. 326—327, 2 Textfig., Leipzig 1882.
- *Das Gliedmaassenskelet der Wirbelthiere mit besonderer Berücksichtigung des Schulter- und Beckengürtels bei Fischen, Amphibien und Reptilien*, Jena 1892, mit Atlas.
- *Grundriss der vergleichenden Anatomie der Wirbelthiere*, 4. Aufl., Jena 1898.
- WIJHE, J. W. VAN, *Ueber das Visceralskelet und die Nerven des Kopfes der Ganoiden und von *Ceratodus**. Niederländ. Arch. f. Zoologie, Bd. V, p. 1—117, 2 Taf., 1882. (Übersetzung von "Over het Visceraalskelet en de Zenuwen van den Kop der Ganoiden", Academisch Proefschrift, Leiden 1880.)
- *Ueber die Mesodermsegmente und die Entwicklung der Nerven des Selachierkopfes*. Verhandl. d. Kon. Acad. van Wetenschap., Bd. XXII, p. 1—50, 5 Tafeln, Amsterdam 1883.
- WIKSTRÖM, D. A., *Ueber die Innervation und den Bau der Myomeren der Rumpfmusculatur einiger Fische*. Anat. Anz., Bd. XIII, p. 401—408, Jena 1897.
- WOODWARD, A. S., *The evolution of fins*. Natural Science, London and New-York 1892, p. 28—35.
- ZITTEL, K. A., *Handbuch der Paläontologie: Paläozoologie*, Bd. III, München und Leipzig 1887—1890.

Inhaltsverzeichnis und -Uebersicht.

	Seite
Einleitung	139—142
Hinweis auf die Gründe für die Schwierigkeit des Extremitätenproblems und auf die nothwendige Abschätzung der zur Lösung verfügbaren Hilfsmittel. Beschränkung der vorliegenden Untersuchung wesentlich auf Musculatur und Nervensystem ausgebildeter Thiere und auf ausgehende Formen der Paläichther. Herkunft des Untersuchungsmaterials.	
I. Die Ceratodusflosse	142—174
a) Myologie	142—157
Literatur. Bezeichnungen für die Muskeln und die Kategorien von Muskelfasern.	
1) Die Musculatur der Brustflosse	143—155
Allgemeine Lage und Bezeichnung der beiden Hauptmuskeln.	
α) Specielle Anordnung der Muskeln	143—149
Stiel- und plattenförmiger Theil des Hauptmuskels. Contour des letzteren.	
Inscriptiones tendineae	144—145
Form derselben, Lage zum Knorpelskelet und Verhalten zu den Muskelfasern.	
Muskelfaserkategorien	145—149
Mm. zono-keratoidei, zono-pterygiales, pterygo-keratoidei und pterygiales proprii. Anordnung derselben zu einander, zu den Inscriptionen und zum inneren und äusseren Skelet der Flosse.	
β) Wirkung der Muskeln	149—155
Wirkung auf die Hornfäden	149—150
Die Musculatur ruft Biegungen der Flossenplatte hervor und wirkt indirect auf den Knorpel.	
Wirkung auf den Knorpel	150—154
Synergistische Bewegung der Flossenfläche mit der durch Zug an den Hornfäden erzeugten Action. Relativ selbständige Bewegung einzelner Knorpel: 1. dorsaler Seitenradius, 1. und 2. Axenglied.	
Beobachtungen am lebenden Fisch	154—155
Angaben von RAMSAY, SEMON und THOMSON. Uebereinstimmung mit den hauptsächlichlichen, aus der Morphologie der Muskeln erschlossenen Wirkungen.	
2) Die Musculatur der Beckenflosse	155—157
Uebereinstimmung der äusseren Form und inneren Structur zwischen Vorder- und Hinterflosse, aber um 180° von einander verschiedene Stellung.	
Befestigungen der Muskeln; Zwischensehnen	156
Unterscheidung der Hauptmuskeln als ventro-medialer und dorso-lateraler. Unterschied zur Brustflosse. Inscriptiones wie bei letzterer mit dem Knorpel in Zusammenhang.	
Kategorien von Muskelfasern	156—157
Es sind dieselben wie bei der Brustflosse vorhanden. Die Anordnung ist im Wesentlichen die gleiche wie dort. Besprechung der Befunde von v. DAVIDOFF.	

	Seite
b) Neurologie	158—165
1) Die Nerven der Brustflosse	158—163
Zahl und seriale Herkunft der Nerven	158—159
Literatur. Rechtfertigung meiner Angaben von 1898 A.	
Vertheilung der Flossennerven an die Hauptmuskeln der Flosse	159—161
Spaltung der Flossennerven in Aeste für die Hauptmuskeln. Anmerkung mit Berichtigung der Bezeichnung bei Tafelfiguren. Herstellung der Präparate. Motorische und sensible Aeste.	
Plexus omoptyrgialis distalis	161—163
Nervenäste keine blossen Anastomosen. Besondere Netzstränge und Lage derselben. Vertheilung der Nerven an die Muskelfasern und Ränder der Flosse (prä- und postaxial). Endnetze.	
2) Die Nerven der Beckenflosse.	163—165
Zahl der Nerven. Plexus anterior und posterior und Verbindung beider. Lage der Nerven zum Skelet der Flosse. Prä- und postaxiale Seite. Längsstämme und Netzstränge. Rückläufige Aeste über dem Gelenkfortsatz des Beckens.	
c) Zusammenfassung und Schlüsse: Die Dipnoerflosse	165—174
Uebereinstimmende Aehnlichkeit der beiden paarigen Extremitäten in Skelet, Musculatur und Nervensystem. Bei der Hinterflosse sind Musculatur und Nerven höher specialisirt.	
Stellung der Vorder- und Hintergliedmaasse	165—168
Diese dagegen entgegengesetzt. Mit SCHNEIDER (gegen HOWES) wird Stellung als secundärer Erwerb angesehen. Stellung der ursprünglichen Anheftungslinie horizontal, diejenige der Flosse selbst hier noch nicht zu erschliessen. Bedeutung der Muskeleinwanderung.	
Pseudometamerie der ventralen Rumpfwand bei Selachiern und Dipnoern, eine Parallele zu ähnlichen Einrichtungen der <i>Ceratodus</i> -Flosse	168—172
Nervengeflechte der Bauchwand bei <i>Hexanchus</i> , <i>Acanthias</i> und <i>Ceratodus</i> . Pseudometamerie statt ursprünglicher Eumetamerie. Polyneure Zwischensehnen. Bei der Flosse noch relativ ursprüngliche Verhältnisse der Inscriptioes.	
Anheftung der Muskeln am Skelet.	172—174
Divergente Ausdehnung der Muskeln am Schulter- und Beckengürtel. Verlust der Inscriptioes in den Randbezirken als Folge der Richtung der Muskelfasern. Besondere Beweglichkeit des 1. und 2. Mesomers und 1. präaxialen Paramers im Dienste der Stützfuction. Parallelererscheinungen bei Teleostiern.	
II. Die Selachierflosse	174—201
Beschränkung auf eigentliche Flossenmusculatur mit Ausschluss der secundären Abspaltungen der Rumpfwand.	
a) Myologie	174—186
1) Die Musculatur der Brustflosse.	174—184
Literarische Quellen.	
Die Hauptmuskeln, ihre Lage und Ausdehnung	175—177
Grössenverhältniss zum Knorpel. Dorsale und ventrale Lage, sowie Abweichungen von dieser. Mangel einer Continuität zwischen Flossen- und Rumpfmusculatur. Secundäre Aberrationen von letzterer an erstere bei Rochen. Hauptmuskeln völlig selbständig.	
Faserkategorien des ventralen Hauptmuskels	177—179
M. zono-, pterygo-keratoidei, ihr Vorkommen und genetisches Verhältniss zu einander. Geringe Zahl der Mm. zono-ptyrgiales. Herkunft derselben.	
Faserkategorien des dorsalen Hauptmuskels	180—181
Gleichmässig hohe Differenzirung derselben im ganzen Hauptmuskel, auch an den Seitenkanten. M. pterygiales proprii fehlen beiden Hauptmuskeln. Schichtung der Muskelfascikel am medialen Rande durch proximale Lostrennung der Mm. zono- und pterygo-keratoidei von einander.	
Muskelindividuen: Mm. radiales	181—184
Discrepanzen in ihrer Lage zu der Axe des Basale und Radialia des Metapterygium. Fast völlige Concordanz beim Meso- (und Pro-) pterygium. Verschiedenartige Structur, relative Selbständigkeit und functionelle Bedeutung der Mm. radiales. Mangelnde phylogenetische Beziehung zur Skeletogenese.	

	Seite
2) Die Musculatur der Beckenflosse.	184—186
<p>Ursprünge der Muskeln auf Rumpfwand verlagert in Folge partiellen Schwundes des Gürtels und breiter Befestigung der Flosse am Bauche. Mm. trunco-, pterygo-keratoidei und zono-pterygiales bei beiden Hauptmuskeln. Mm. radiales mehr in Coincidenz mit Skeletradien und selbständiger als bei der Brustflosse.</p>	
b) Neurologie	186—193
<p>Literatur.</p>	
1) Die Nerven der Brustflosse	186—192
<p>Sensible und motorische Aeste und deren Verzweigungen 186—187</p> <p>Plexus der sensiblen Bauchnerven und Aeste von diesem zur ventralen und dorsalen Flossenfläche. Theilung der eigentlichen Extremitätennerven in mehrere dorsale und ventrale Aeste oder nur in je einen von solchen.</p> <p>Der Plexus omopterygialis distalis beim ventralen Hauptmuskel 187—189</p> <p>Postaxiales Geflecht mit stärkerem Längsstamm und feinem Plexus nebst Längsstambbildungen. Präaxialer Plexus. Lage der Nerven im Hauptmuskel selbst.</p> <p>Endbezirke der serialen Nerven im ventralen Hauptmuskel 189—191</p> <p>Die Auflösung der Geflechte der serialen Flossennerven ist möglich. Die haploneuren Muskelbezirke nehmen verschiedene Stellungen zu der Axe des Metapterygium ein.</p> <p>Nerven des dorsalen Hauptmuskels; Mangel directer Beziehungen zu den ventralen Flossennerven 191—192</p> <p>Aehnlichkeit der Nervenvertheilung im Allgemeinen mit derjenigen beim ventralen Hauptmuskel. Lage der gleichen serialen Nervenäste zum Knorpelskelet ventral und dorsal von diesem verschieden. Ventrale und dorsale Flossennerven streng auf die entsprechende Musculatur beschränkt.</p>	
2) Die Nerven der Beckenflosse.	192—193
<p>Verlauf derselben. Spaltung in Aeste. Prä- und postaxialer distaler Plexus. Wahrscheinliche Vertheilung der serialen Nerven in den Endbezirken.</p>	
c) Zusammenfassung und Schlüsse: Die Selachier- und Dipnoerflosse	194—201
<p>Hinweis auf die Abbildungen von <i>Acanthias</i>, welche die Gesamttinnervation der Brustflosse illustriren.</p> <p>Ursprüngliche Uebereinstimmung der Flossenmusculatur beim Hai- und Lungenfisch 194—195</p> <p>Die Grenzlinien zwischen den serialen Bezirken haben bei <i>Acanthias</i> im terminalen Flossenabschnitt die gleiche Form wie die von primitiven Myocommata ableitbaren Zwischensehnen der <i>Ceratodus</i>-Flosse. Diejenigen im basalen Abschnitt des Metapterygium erhalten durch Reconstruction dieselbe Form. Phylogenetische Perspective in Betreff der ursprünglichen und späteren Entwicklung der Extremitätenmusculatur.</p> <p>Homologien und Divergenzen in Lage und Verbindungsweise bei den Flossennerven 195—199</p> <p>Vorkommen der Plexus prae- und postaxialis, ein Beweis für ursprüngliche Biserialität des Dipno- und Selachopterygium. Unterschiede in Structur der Plexus, bedingt durch verschiedengradiges Wachstum der Flossentheile (Brust- und Bauchflosse der Haie). Nervenbefund befürwortet ursprüngliche Befestigung des postaxialen Randes beider Extremitätenformen am Rumpfe. Anmerkung über <i>Cladodus</i>. Ursprüngliche Horizontalstellung der Flossen und partielle (recente Squaliden) oder totale (<i>Ceratodus</i>) Umwandlung in senkrechte Lage. Progressive Entfaltung der Hai-flosse in der Horizontal-ebene. Anmerkung über die dadurch bedingte relative Coincidenz von Musculatur und Skelet.</p> <p>Divergente Entwicklung und Wirkungsweise der Musculatur 199—201</p> <p>Von ursprünglicher Befestigung der Muskeln am Hautskelet entstehen secundär bei Selachiern (und ebenso wahrscheinlich bei <i>Ceratodus</i>) Ueberwanderungen auf Knorpel. Divergente Ausbildung der Ursprünge und Insertionen am Knorpel bei beiden Extremitätenformen. Auf letztere (<i>Ceratodus</i>) reagirt das Knorpelsketet und seine Musculatur durch höhere Specialisirung.</p>	
III. Die Ganoidenflosse	201—253
<p>Anordnung des Stoffes nach den Familien wegen Divergenz der Organisation derselben.</p>	
A. Brustflosse.	201—236
1) Acipenseriden	201—209
α) Myologie	201—205
<p>Hauptmuskeln. Lage derselben, Ursprung und Insertion.</p>	

	Seite
Die Faserkategorien der Hauptmuskeln	202—204
Mm. zono-keratoidei, -pterygiales und pterygo-keratoidei, ihre Stärke und Verbreitung. Mm. radiales in der Richtung mit Knorpelradien, an Zahl mit Knochenstrahlen der Haut in Uebereinstimmung, gefiedert.	
Die Musculatur des knöchernen Randstrahles	204—205
M. adductor oss. marg., entstanden aus Mm. zono-pterygiales des dorsalen Hauptmuskels. Function desselben. Sein Antagonist ist der M. abductor oss. marg. auf der ventralen Flossenfläche. Fast völlig selbständiger Muskel.	
β) Neurologie	205—209
Literatur. Anmerkung über Zählung der spino-occipitalen Nerven bei Ganoiden.	
Verschiedene seriale Versorgung, Verschiebung der Extremität.	205—208
Verschiebung der Brustflosse cranialwärts, bewiesen durch embryologisches und durch Vergleich ausgewachsener Formen festgestelltes Wandern der Nerven durch den Schultergürtel, durch Plexus posterior und Innervation der ventralen Rumpfmusculatur.	
Plexus omopterygiales distales	208—209
Plexus prae- und postaxialis. Zusammenhang der Nerven der Randstrahlmusculatur mit den Hauptmuskeln.	
2) Crossopterygier	209—217
α) Myologie	209—214
Literatur. Stellung der Flosse zum Rumpf.	
Muskelfaserkategorien	209—210
Mm. zono- und pterygo-keratoidei, allgemeine Verbreitung, Lage zu einander und zum Skelet. Mm. zono-pterygiales nur an Randstrahlen, aber hier stellenweise sehr stark und zu besonderen Muskelindividuen entwickelt.	
Allgemeines über Muskelindividuen und die Hauptmuskeln	210—212
Mm. radiales undeutlich gesondert, entsprechen Strahlen des Hautskelets. Hauptmuskeln mit kurzer Ursprungslinie, welche durch längs zur Flossenaxe orientirte Zwischensehnen vergrößert wird. Quere Lage der letzteren, wenn vorhanden, oberflächlich und unwesentlich (contra KLAATSCH).	
Der dorso mediale Hauptmuskel und seine Muskelindividuen	212—213
Ausdehnung desselben dorsalwärts. M. retractor und levator, Grad der Selbständigkeit, Zusammensetzung und Wirkung.	
Der ventro-laterale Hauptmuskel und seine Muskelindividuen	213—214
Die Faserkategorien desselben und die aus solchen hervorgegangenen Mm. depressor und protractor.	
β) Neurologie	214—217
Literatur.	
Verhalten der Nerven vor Eintritt in die freie Flosse	214—215
Seriale Versorgung der Flosse. Sie widerlegt MOLLIER's Annahme hier bestehender Uebereinstimmung mit pentadactyler Extremität. Cranialwärts gerichtete Verschiebung der Flosse. Verwandlung diazonaler Aeste des Plexus omopt. ant. in metazonale, prä- und postaxiale metazonale Nerven. Jeder Gliedmaassennerv giebt Aeste an beide Hauptmuskeln.	
Verhalten der Nerven innerhalb der freien Flosse	215—217
Nach Vertheilung der serialen Nerven wird prä- und postaxialer Rand, dorso-mediale und ventro-laterale Fläche der Flosse unterschieden. Nervenästchen auf der Aussenfläche der Musculatur. Plexus der Aeste zwischen Knorpelskelet und Hauptmuskel und ausserhalb der letzteren. Gefässlöcher in Cartilago centralis.	
3) Amiaden	217—221
α) Myologie	217—219
Dorso-medialer und ventro-lateraler Hauptmuskel. Bei ersterem Mm. zono-keratoidei in 3 Gruppen getheilt (partiell gesonderte Muskelindividuen). Structur und Lage derselben. Mm. pterygo-keratoidei und zono-pterygiales. Der andere Hauptmuskel. Mm. radiales.	
β) Neurologie	219—221
Zahl und seriale Stellung der Flossennerven. Literatur. Verschiebung der Flosse caudalwärts, erschlossen aus individuellen Variationen, Verhalten des Plexus omopt. anterior und cervicalis. Teleostier. Allgemeine Mannigfaltigkeit der Wanderungen. Nervenäste zu den einzelnen Hauptmuskeln. Plexus post- und praeaxialis. Lage der Aeste des letzteren zum Skelet. Sensible und motorische Nerven.	

- 4) Zusammenfassung: Die Ganoiden-Brustflosse und ihre Verwandtschaft mit der Vordergliedmaasse der Selachier und Dipnoer 221—236
 Programm des Capitels. Die Phylogenie der Brustflosse der Ganoiden hat (neben derjenigen der Beckenflosse) Bedeutung für die Frage nach der frühesten Entstehung der Extremitäten.
- α) Die Stellung der Acipenseriden-Brustflosse zu derjenigen der übrigen Paläichthyer 222—226
 Stellung der Flosse, postaxiale Reste bei derselben, Vermischung der Muskelfasern und Anpassung derselben an das Skelet erinnern an Squaliden, aber mit einseitiger Bevorzugung des präaxialen Flossenabschnittes. Eigenartige Entwicklung desselben durch weitere Aus- und Rückbildung verschiedener Faserkategorien. Wirkung der Muskeln. Einschränkung der Bewegung der eigentlichen Flossenplatte und vicariirende Entwicklung des Randstrahles. Anknüpfung der Flossenverschiebung an niedere Haie. Fortsetzung bei β und γ.
- β) Die Stellung der Amiaden-Brustflosse zu derjenigen der übrigen Paläichthyer . . . 226—228
 Seriale Stellung, Art der Muskelindividuen, Mangel der Reduction der Hauptmuskeln, Vorkommen eines postaxialen Knorpelchens, Verschiebung der Musculatur auf den Schultergürtel rostralwärts im Zusammenhang mit Veränderungen der Function des inneren und äusseren Skelets, welche bei Teleostiern weiter fortgeführt sind (nachträgliche Anm. zu p. 174) und Veränderungen am Plexus postaxialis zeigen, dass das Amiopterygium sich selbständig, aber parallel zu Stören, und höher als diese, in diesen Merkmalen differenzirt hat. Fortsetzung bei γ.
- γ) Die Stellung der Crossopterygier-Brustflosse zu derjenigen der übrigen Paläichthyer 229—235
 Plexus prae- und postaxialis, ähnlich wie bei *Ceratodus*, weisen auf Lage der Axe in Cartilago centr. hin. Dieselbe ist asymmetrisch in dieser orientirt, nach Vorkommen und Lage von Gefässkanälen, Form der ganzen Flosse und des inneren Skelets, Anordnung der Muskeln und Nerven. Gefässkanäle speciell deuten auf Entstehung der Cart. centr. aus Verbindung der Basalia von Radien mit Axe hin. Die Entstehung der Marginalia und ihrer Muskeln, die Verkleinerung der Cart. centr. und senkrechte Ruhelage der Flosse (nach myo- und neurologischem Befund secundär durch progressive biserielle Entfaltung der Flosse entstanden) sind Momente, welche das Crossopterygium vom ursprünglichen Zustand entfernen: totale Differenz gegenüber Stören, aber vielleicht Aehnlichkeit mit Amiaden. Musculatur des Crossopterygium nicht zu neuen, beim Chiridium realisirten Anheftungen am Skelet und entsprechenden Wirkungen differenzirt.
- δ) Schlussworte zu diesem Capitel 235—236
 Principielle Uebereinstimmung der grundlegenden Einrichtungen der Ganoiden- mit der Selachierflosse. Aber bei ersterer in den verschiedenen Familien divergirende Weiterentwicklungen oder Rückbildungen gegenüber der letzteren.
- B. Beckenflosse der Ganoiden 236—253**
- 1) Acipenseriden 236—244
- α) Myologie 236—239
 Anheftungen der Bauchmuskeln am Flossenskelet. Differenzen mit Selachiern und Dipnoern. Hauptmuskeln und Faserkategorien (lediglich Mm. trunco- und pterygyo-keratoidei). Variabilität der Ursprünge. Mm. radiales. Coincidenz ihrer Grenzen mit Interradialspalten und Nervenlöchern.
- β) Neurologie 239—244
 Seriale Innervation der Flossen. Wanderungen cranialwärts (Vergleichung mit Selachiern und Dipnoern, Plexus posterior, präpelvicae Bauchnerven). Verlagerung des distalen Plexus medialwärts bis zur Verschmelzung mit dem proximalen.
 Nervenkanäle 241—242
 Zahl, Anordnung und Einschlüsse derselben. Maximum bei *Polyodon*, vermehrt noch durch interradiale Kanälchen. Bei diesem diazonale Nerven unregelmässig auf Flossennerven überhaupt vertheilt. Lage der Kanäle zu Skeletradien und Radialmuskeln.
 Hinweis auf die Bedeutung der neurologischen Einrichtungen für die Auffassung des inneren Skelets der Flosse 242—244
 Die Nervenlöcher bei *Polyodon* liefern Bestätigung für Conrescenzhypothese. Literatur. Lage der Nervengabeln im Einklang mit der Genese der Basalia. Entwicklungsgang der Verlagerung und Umschliessung der Nerven durch das Skelet bei *Polyodon*. Erklärung kleiner Deviationen der Löcher von der ursprünglichen Lage. Motorische und sensible Aeste.
- 2) Crossopterygier 244—247
 Literatur über Knochenganoiden. Beschränkung auf *Polypterus*.

	Seite
α) Myologie	244—245
Hauptmuskeln und Faserkategorien in principieller Uebereinstimmung mit Knorpelganoiden, aber in regressiver Metamorphose gegenüber diesen.	
β) Neurologie	245—247
Seriale Flossenäste bei Knochenganoiden beweisen cranialwärts gerichtete Verschiebung der Flosse und Anknüpfung an den gleichen Process bei Knorpelstören. Lage der Nervengabeln und -äste zum Skelet (Nervenganal). Endäste der Nerven. Vergleich mit <i>Polyodon</i> . Uebereinstimmung der Genese des Flossenskelets mit diesem. Literatur.	
3) Zusammenfassung: Die Ganoiden-Bauchflosse und ihre Verwandtschaft mit den Extremitäten der übrigen Fische	247—253
Basalia sind nach myo- und neurologischem Befund einander homodynam.	
α) Entstehung der Basalia des Knorpelskelets	247—248
Bedeutung der Nervenkanäle für dieses Problem. Literatur.	
Vergleichend-anatomische Befunde	248—249
Nervenkanäle bei Ganoiden- und Selachier-Bauchflossen genetisch durchaus verschieden, da bei letzteren caudo-craniale, bei ersteren medio-laterale Einwanderung in den Knorpel in Folge Verschiebung des distalen Skelets in die Rumpfwand hinein erfolgt. Plexus postaxialis medialwärts verlagert und vielleicht im intraabdominalen Plexus in Resten erhalten.	
Embryologische Befunde	249—251
Literatur. Das von MOLLIER nachgewiesene einheitliche Basale und seine Deutung.	
Folgerungen für die verschiedenen Formen und Bestandtheile der Ganoiden- (und Teleostier-)Bauchflosse	251—252
Die Radien, welche durch Conrescenz die Basalia bildeten, bei verschiedenen Ganoiden wahrscheinlich verschiedener Abkunft (meta-, meso- oder propterygiale Radien). Deutung des unpaaren Knorpels in der Bauchmittellinie von <i>Polypterus</i> .	
β) Veränderungen der Flossenmusculatur gegenüber anderen Extremitäten	252—253
Ueberwanderungen auf Bauchwand zum Ersatz der verlorenen Befestigungen am Becken und Basale. Reductionen.	
C. Rückblick: Brust- und Bauchflosse der Ganoiden	253
Einseitige Aus- oder gar Rückbildungen beherrschen die Differenzirung der Ganoidenextremitäten aus der Urflosse.	
IV. Das Pterygium und Chiridium	254—264
Beschränkung des Vergleiches auf urodele Amphibien. Untersuchungsmaterial.	
α) Beziehungen zwischen dem Skelet beider Extremitätenhauptformen	254—259
Stylopodium	254
1. Mesomer von <i>Ceratodus</i> durch Gelenkbildung (SEMOK) dem Stylopodium am nächsten verwandt. Anmerkung über abweichende Anschauungen in der Literatur.	
Zeugopodium	254—259
Das 2. Mesomer von <i>Ceratodus</i> ist nicht immer einheitlich. Literatur. Eigene Untersuchungen. Aus der ursprünglichen Zahl und Anordnung seiner Seitenradien, sowie der Structur des 2. Mesomers selbst (Spalten, Furchen, Gefäßlöcher) ergibt sich, dass dasselbe durch Verschmelzung eines primitiven 2. Axengliedes mit Parameren des 1. Mesomers entstanden ist. Daraus folgt jedoch nicht allgemeine Conrescenz bei der Genese des Skelets (contra HASWELL u. A.). Vergleichung des Mittel- und präaxialen Seitenstückes des 2. Mesomers mit Zeugopodium. Homologon des Radius beim ausgebildeten <i>Ceratodus</i> verschwunden.	
β) Beziehungen zwischen der Musculatur des Pterygium und Chiridium	260—261
Insertionen der Muskeln und ihre Wirkungen auf das innere Skelet bei <i>Ceratodus</i> erzeugen wie beim Chiridium winklige Knickungen in diesem. Bei Selachiern und Ganoiden stehen Insertionen gegen Ursprünge an Zahl und Localisation weit zurück und sind in ihrer Function in ganz anderer Richtung differenzirt.	

- Seite
- γ) Beziehungen zwischen dem Nervensystem des Pterygium und Chiridium und der Stellung beider zu einander 261—264
- Stellung der Urodelengliedmaassen nach Vertheilung der serialen Nerven nur in Beckenflossen des *Ceratodus* dauernd und in Brustflossen vorübergehend realisirt. Dies gilt für Vorder- und Hinterextremitäten der potamophilen Urodelen. Anheftung des Intermedium zeigt, dass Axe in Ulna-Fibula liegt. Literatur. Weiter terminalwärts Axe zur Zeit nicht sicher bestimmbar. Hinweis auf Cap. V.
- V. Die Archipterygiumtheorie** 264—287
- Scharfe Trennung derselben in zwei Theile (Problem der Entstehung der Fischflosse aus Visceralorganen und Problem der Entstehung des Chiridium aus Fischflosse) nicht durchführbar. Wegen Lateralfaltenhypothese wird auf frühere Arbeiten verwiesen.
- Ursprüngliche Form des Extremitätenskelets 265—268
- Bögen und Axenstrahl (Metapterygium) das Ursprüngliche. Pro- und Mesopterygium secundäre Differenzirungen aus isolirten (Seiten-)Radien. Anatomische, paläontologische, ontogenetische Documente. Widerlegung der cänogenetischen Auffassung letzterer. Aehnliche Skeletverhältnisse bei niederen Vertebraten nur in Visceralbogen realisirt.
- Wanderungen der Gliedmaassen 268
- Einwand, dass die weit entfernte Lage der Extremitäten vom Kopf gegen die viscerele Natur des Skelets zeuge, ist unzutreffend, weil Verschiebungen (zum Theil ontogenetisch) von der erforderlichen Ausdehnung möglich und als Entstehungsstätte für beide Extremitäten eine Stelle am hinteren Rande des Kiemenkorbes nachweisbar ist.
- Vergleichung des Skelets von Gliedmaassen und Kiemen 268—270
- Embryonale Continuität und secundäre Quergliederung (Anmerkung bezüglich primärer Natur der letzteren). Aehnlichkeit der Radien. Innervation der Knorpelhaut durch Kopfnerven bei Kiemen- und Gliedmaassenskelet identisch. Widerlegung der scheinbaren oder wirklichen Unterschiede.
- Kiemenbogenmerkmale an den Weichtheilen der Extremitäten 270—271
- Ursprüngliche Discrepanzen zwischen Skelet- und Weichtheilen der Extremität finden durch heterogenetische Entstehung beider eine Erklärung. Reste visceraler Musculatur bei der naturgemäss darin begünstigten vorderen Extremität.
- Gliedmaassenmerkmalen ähnliche, eine Metamorphose vorbereitende Einrichtungen bei Visceralbogen 271—272
- Eindringen spinaler Musculatur mit Insertionen und auch mit Ursprüngen in das jetzige Visceralgebiet. Aufgabe der respiratorischen Hilfsfunction beim letzten Kiemenbogen. Beides muss auch bei früherem, numerisch reicherm Visceralskelet bei den letzten Bogen bestanden haben.
- Versuch einer Darstellung der bei der Bildung der Gliedmaassen successive erfolgten Metamorphosen 272—287
- Ursprüngliche Horizontalstellung der Weichtheile nach ontogenetischen, myo- und neurologischen Befunden. Die viscerele Natur und Verwandtschaft der Extremitäten verlangt, dass von vornherein mit einem horizontalen Rumpfauswuchs Kiemenbogenbestandtheile als Stütze in Connex treten. Vielleicht bedingten sogar letztere durch Auswachsen den ersteren.
- α) Primäres Asticho- und Distichopterygium 275—278
- Biseriale Entwicklung von Seitenstrahlen analog ähnlichen Gebilden bei Kiemenradien, aber in Folge der Muskelanordnung in senkrechter Richtung zu diesen. Anpassungen der Musculatur erschlossen aus Veränderungen des Nervensystems. Durch die weitere Entwicklung des Skelets entsteht aus accidentellen mechanischen Ursachen eine Aenderung in der ferneren Gestaltung.
- β) Secundäre Ausgestaltung durch laterales Wachsthum schräg oder senkrecht zur Extremitätenaxe 278—280
- Bei fossilen und recenten Haien erhalten die von Anfang an stärker entwickelten präaxialen Seitenstrahlen immer mehr das Uebergewicht und erlangen breitere Basis. Horizontalstellung erhalten, aber Reduction des postaxialen Radienbesatzes: Monostichopterygium. Progressive Entfaltung der präaxialen Musculatur in Anpassung an coincidirende Lage zu Skeletradien, Reduction der postaxialen Musculatur. Entstehung der Plexus prae- und postaxiales beim Nervensystem der freien Flosse, der Plexus anteriores und posteriores innerhalb der Bauchwand, sowie der Nervenkanäle. Knorpelganoiden führen diese Entwicklungsrichtung in einseitiger Richtung weiter (zugleich Rückbildungen bei diesen). Wirkung des Monostichopterygium besteht beim Schwimmen oder specialistischem Aufstützen und besitzt keine Verwandtschaft mit Function des Chiridium.

- 7) Secundäre Ausgestaltung durch terminales Wachstum in der Richtung oder parallel der Extremitätenaxe 280—287

Fortsetzung der biserialen Entfaltung durch terminale Neubildungen des Skelets. In Folge dessen Veränderung der Flossenstellung entweder durch Drehung des präaxialen Randes dorsal- oder ventralwärts. Erstere Drehung zweckmässig für Schwimmfunction. Crosso- und vielleicht Amiopterygium (incl. Teleostier) entwickelten sich so in paralleler Richtung zu dem unter β geschilderten Endstadium durch Reduction der postaxialen Seite. Dipnopterygium bei *Ceratodus* mit rein biserialer Weiterentwicklung. Umgestaltung von Musculatur und Nervensystem. Bei ihm beide Arten von Drehung des secundären Distichopterygium. Ventralwärts gerichtete Rotation zweckmässig für Stützfunction. Besondere Ausgestaltung derselben bei beiden Extremitäten der Pentadactylier. Oligaktinote, uniserialer Differenzierung in Divergenz zu Dipnoern. Das äussert sich an Skelet, Musculatur und Nerven. Genealogische Tabelle.

- Verzeichniss der in dieser Abhandlung citirten Literatur 288—292

Tafel XXI.

Tafel XXI.

Musculatur der *Ceratodus*-Brustflosse (Fig. 2—11) und -Bauchflosse (Fig. 1).

Natürliche Grösse.

I, II, III etc. Querglieder des Axenstrahles (Mesomeren) in proximo-distaler Reihenfolge (vergl. Taf. XXIII, Fig. 1).

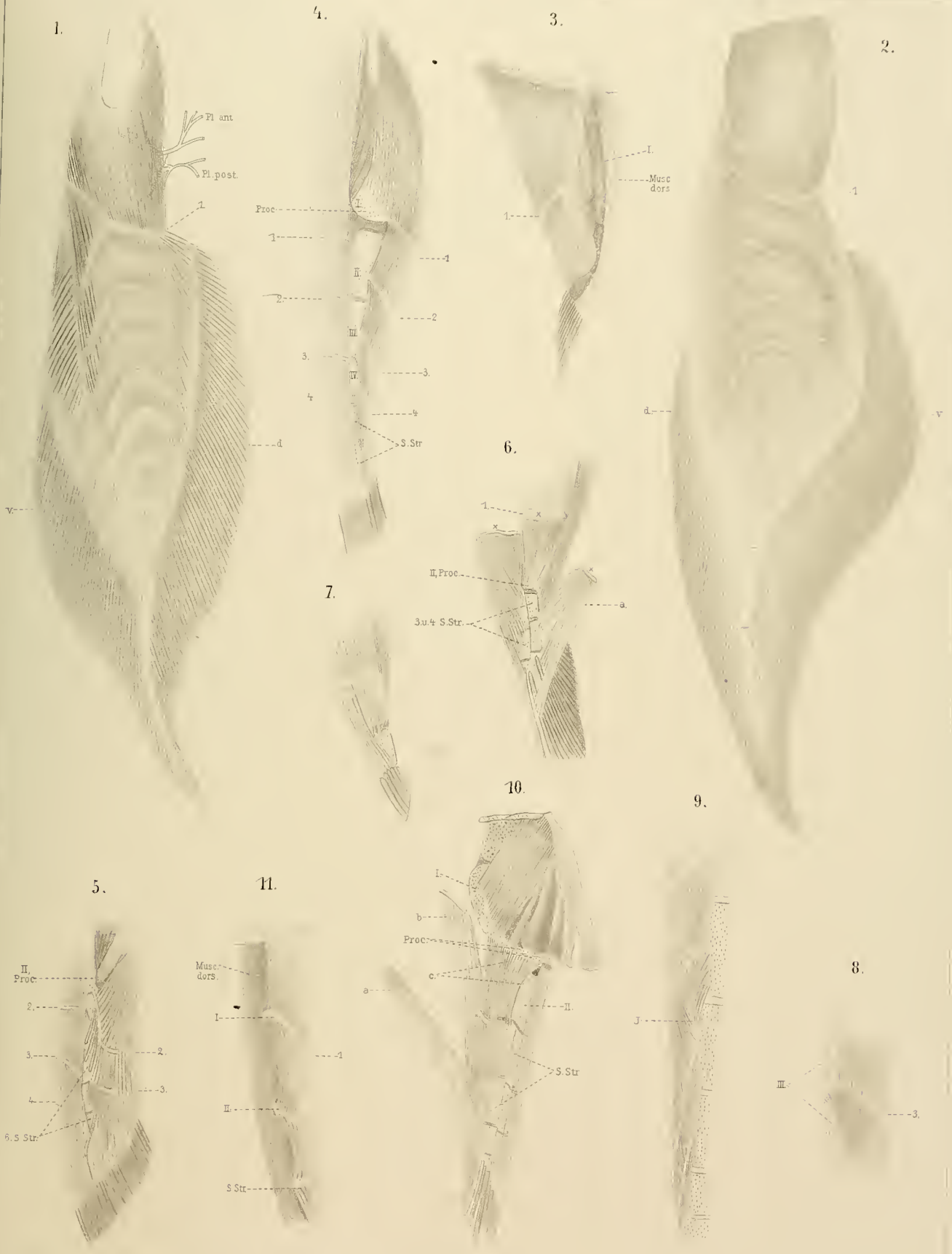
1, 2, 3 etc. Inscriptiones tendineae der Hauptmuskeln in proximo-distaler Reihenfolge.

d dorsaler Flossenrand.

v ventraler Flossenrand.

Getüpfelte Flächen bezeichnen Knorpel. Alle Figuren sind nach linken Flossen gezeichnet, aber zur Erleichterung des Vergleiches mit anderen Figuren dieser Abhandlung spiegelbildlich reproducirt.

- Fig. 1. Mediale Oberfläche einer rechten Bauchflosse. Nervenplexus nach Eintritt in die Musculatur durch Strichelung auf eine kurze Strecke hin eingezeichnet. (Wegen der Details vergl. Taf. XXVII, Fig. 2.)
- „ 2. Laterale Oberfläche einer rechten Brustflosse.
- „ 3. Ansicht der Flossenbasis (lateralen Theil) von unten. Die 1. Inscriptio schliesst an diejenige in Fig. 2, rechte Seite, an.
- „ 4. Längsschnitt durch die laterale Musculatur, ein wenig rechts von der Mitte der Flosse (vergl. Fig. 2). Zwischensehnen bis zur Anheftung am Seitenrande des Axenstrahles freipräparirt. Nach unten zu biegt der Schnitt vom Axenstrahl ab und folgt einem postaxialen Seitenstrahl (*S.Str.*). Bei *Proc.* trägt das I. Mesomer einen starken Vorsprung.
- „ 5. Schrägschnitt durch die postaxiale Partie der lateralen Musculatur. Die Beziehungen der Zwischensehnen und Muskelfasern zum 6. Paramer sind freipräparirt. *Proc.* bezeichnet einen Vorsprung des II. Mesomers.
- „ 6. Aehnlicher Schnitt wie bei Fig. 5, nur weiter proximal zur Freilegung des 3. und 4. Paramers (*S.Str.*) angebracht. Um die Insertionen am inneren und äusseren Skelet deutlicher zu machen, ist die Musculatur an der 1. Inscriptio durchgeschnitten (*x*). Die distalen Bündel sind auseinandergeklappt. Das nach rechts verlagerte ist mit *a* bezeichnet. *Proc.* wie bei Fig. 5.
- „ 7. Ventrale Partie der lateralen Musculatur am Beginn des Hornfädensaumes. Das 1. postaxiale Paramer (vergl. Taf. XXIII, Fig. 1) ist partiell sichtbar.
- „ 8. Ansatz der 3. Zwischensehne mit kleiner Verbreiterung am III. Mesomer.
- „ 9. Befestigungen der Inscriptionen und Muskelfasern am Axenstrahl. Im unteren Theile der Figur geht die Musculatur auf die Basis eines distalen präaxialen Seitenstrahles über. Dieser ist selbst nicht mehr gezeichnet.
- „ 10. Schnitt durch die laterale Musculatur in der postaxialen Partie zur Freilegung der beiden vordersten Mesomeren und des 1. und 2. Paramers (*S.Str.*). Wie in Fig. 6 ist die distale Musculatur nach Ablösen an der 1. Inscriptio (hier nur partiell) zur Seite geklappt: Bündel *a* und *b*. Die tiefen Muskelfasern *c* liegen in ihrer natürlichen Stellung. *Proc.* wie in Fig. 4.
- „ 11. Dorsaler Rand der Flosse proximal vom Hornfädenbesatz (am Flossenstiel). Befestigung der Fasern des lateralen Muskels am I. und II. Mesomer und dem Basalglied des 1. Paramers (*S.Str.*). *M. dors.* der dorso-mediale Hauptmuskel.



Tafel XXII.

Tafel XXII.

Nerven und mediale, der Rumpfwand anliegende Fläche der Musculatur der rechten Brustflosse bei *Ceratodus* (Fig. 1) und Selaehiern (Fig. 2—4).

1, 2 etc. in Fig. 1 wie in Taf. XXI.

1, 2, 3, 4 etc. bei Nerven bezeichnen in allen Figuren die serialen Spinalnerven und alle Aeste eines jeden.

a, b etc. occipito-spinale Nerven (FÜRBRINGER, 1897).

z, y . . . occipitale Nerven (FÜRBRINGER, 1897).

R. c. sensible Hautäste.

- Fig. 1. *Ceratodus forsteri* KR. $2\frac{1}{2}$ mal vergr. Cl Clavicula, Cl' Cleithrum, G Gelenkfortsatz des pr¹ a Schultergürtels, I erstes, II zweites Mesomer. Rechts oben ein Stück der Rumpfwand. Die Bauchmusculatur von dem durch rothe Tüpfelung wiedergegebenen Schnitte ab nach links entfernt. In der Schnittfläche ist der Plexus omopterygialis posterior freigelegt. Das Bild entspricht in seiner Stellung Fig. 3, Taf. XXI. Doch ist auch der dorso-mediale Hauptmuskel, welcher dort nur theilweise angedeutet ist, gezeichnet. Die Nerven schliessen mit ihren Anfängen an das Ende der Rr. pterygiales der Taf. IX, Fig. 1 (BRAUS, 1898 A) an.
- „ 2. *Hexanchus griseus* CUV. $\frac{2}{3}$ nat. Gr. R. v. Endast des Ramus ventralis (für den ventralsten Theil der Bauchmusculatur), *Metapt.* Metapterygium. An demselben sieht man ein kurzes proximales Querglied (GEGENBAUR, 1865), welches mit dem Schultergürtel in Gelenkverbindung steht. x postaxialer Radius.
- „ 3. *Laemargus borealis* MÜLL. HENLE. $\frac{2}{3}$ nat. Gr. (Linke Brustflosse, spiegelbildlich reproducirt.) Die Ansatzstellen der Bauchmusculatur am Schultergürtel sind durch rothe Strichelung markirt. Die Bauchhaut ist mit ihren sensiblen Nerven freigelegt (grau getönt). Am Rande der Flossemusculatur bildet sie einen Umschlagsrand (Zusammenhang mit der Flossenhaut). Muskelkategorien des dorsalen Hauptmuskels ihrer Zusammengehörigkeit nach mit den gleichen lateinischen Ziffern versehen (vergl. Text p. 181).
- „ 4. *Acanthias vulgaris* RISSO. 2 mal vergr. Arteria zonalis (subclavia) und brachialis roth, Vena brachialis violett. *Mm. z. k.* Musculi zono-keratoidei, *Mm. z. pt.* Musculi zono-ptyrgiales, *Mm. pt. k.* Musculi pterygo-keratoidei. Bauchhaut mit Nerven wie in Fig. 3 (nur ohne Ton). Die gezackten Linien geben die Lage der Bauchmuskelinscriptionen an (vergl. Textfigur 6, p. 170; an diese schliessen Rr. pterygiales mit ihren Anfängen in Fig. 4 dort an, wo sie in Textfigur 6 in die Bauchmusculatur eindringen). Bauchmusculatur abgetragen. Schnitttrand rechts, dunkel getönt.

2. HEXANCHUS.

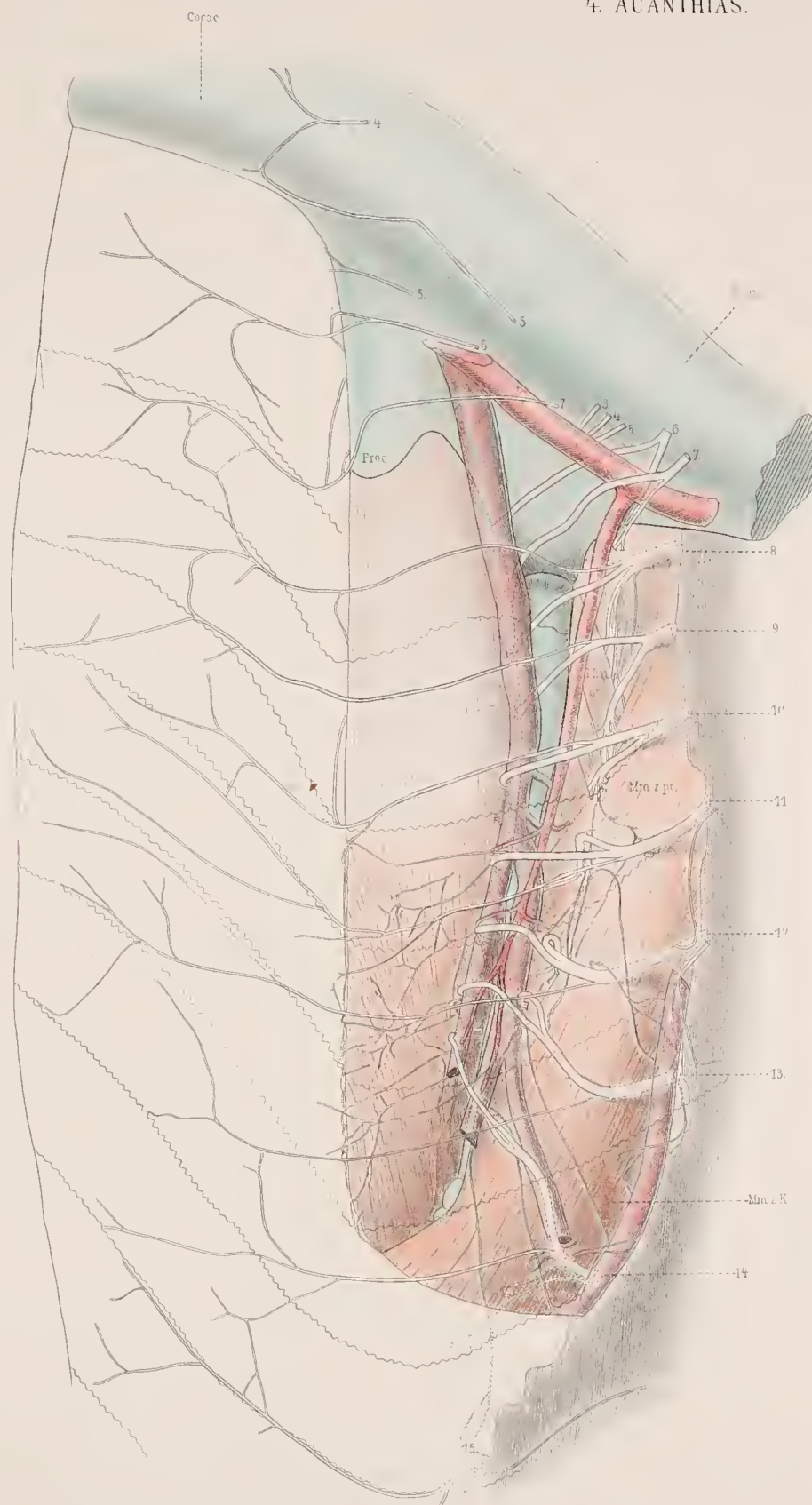


3. LAEMARGUS.



1 CERATODUS.

4. ACANTHIAS.



Tafel XXIII.

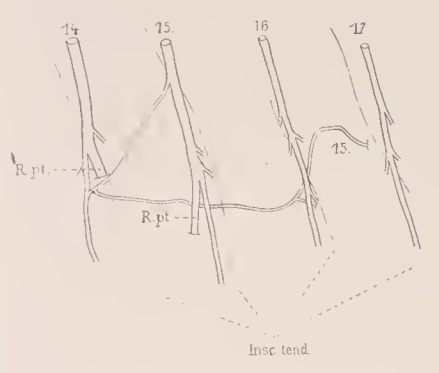
Tafel XXIII.

Bezeichnung der Nerven wie auf Taf. XXII.

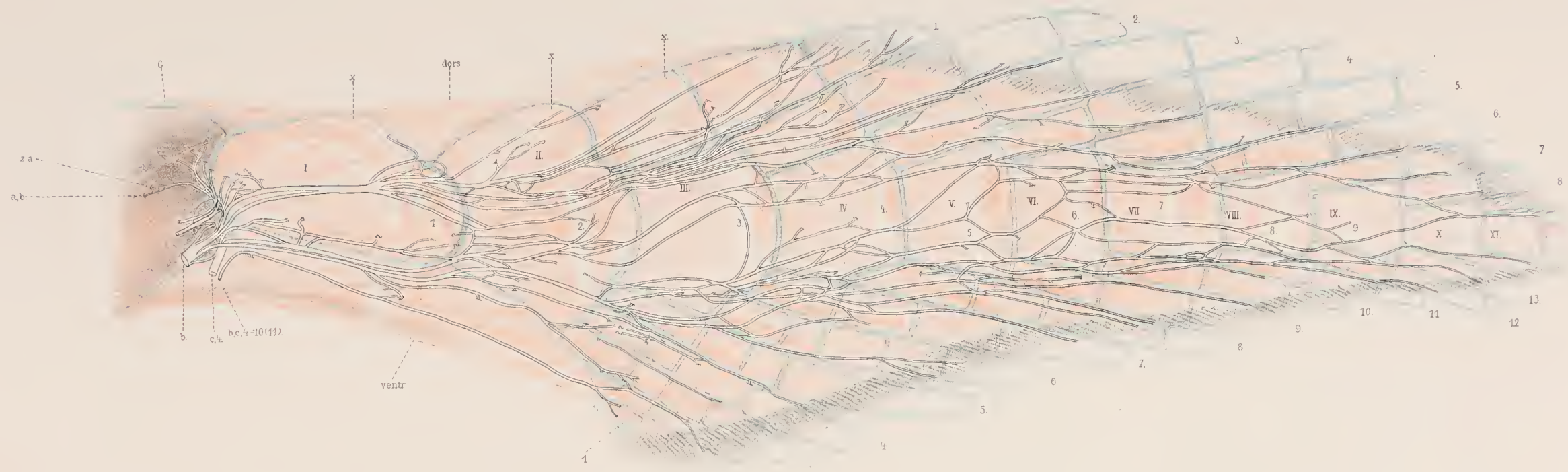
- Fig. 1. *Ceratodus forsteri* KR. Brustflosse. Knorpelskelet in blauen Contouren angedeutet. Durch dasselbe hindurch sieht man die Innenfläche des ventro-lateralen Hauptmuskels mit seinen Inscriptionen (1, 2, 3 etc.), den Befestigungen am Knorpel (rothe Tüpfel) und dem Verlauf der Muskelfasern (rothe Linien); ferner die Nerven, welche zwischen Knorpel und Unterfläche des Hauptmuskels liegen (vergl. Technik, Text p. 160). $2\frac{2}{3}$ mal vergr. (Nach Zeichnung in 4 facher Grösse verkleinert.) Die Parameren sind, in proximo-distaler Richtung, prä- und postaxial mit 1, 2, 3, 4 etc. beziffert. Die Nervenbezeichnungen am linken Rande der Figur (2, a und a, b) mit unrichtigen Verweisungsstrichen (vergl. Text p. 159 Anm.). Die basalen Theile der Hornfäden sind mit dunkelgrauen Linien angegeben. Die Nerven, welche zwischen sie hinein verlaufen, sind Hautäste. Die Nerven der Figur schliessen mit ihren Anfängen an die ventralen Aeste in Fig. 1, Taf. XXII, an.
- „ 2. *Acanthias vulgaris* RISSO. Brustflosse. Knorpelskelet, ventraler Hauptmuskel und Nerven in derselben Darstellung wie in Fig. 1. Vergr. wie bei Fig. 1. Die präaxialen Musculi radiales sind mit griechischen, die postaxialen mit lateinischen Buchstaben, von der Axe (A) beginnend, bezeichnet. Die Radien des Skelets tragen deutsche Bezifferung, und zwar sind prä- und postaxiale Radien für sich als je eine Reihe numerirt. Axenstrahl = 1. Die Nerven, welche über die Grenze der Musculatur nach rechts hinauslaufen, gehen zur Haut. Die Anfänge der Nerven schliessen an die Enden der ventralen Theiläste in Fig. 4, Taf. XXII, an (dieselben sind dort hinter der Vene durch Punktirung angegeben).
- „ 3. *Acanthias vulgaris* RISSO. A. Nerven von der Innenseite der Bauchwand (vergl. Textfigur 6, p. 170), $\frac{1}{2}$ mal vergr. *Insc.tend.* Inscriptiones tendineae, *R.pt.* Ramus pterygialis communis.
B. Flossenbasis von der lateralen Seite, nat. Gr. Ursprung des dorsalen (*M.pt.dors.*) und ventralen (*M.pt.ventr.*) Hauptmuskels. *M.abd.* Musculus abductor.
- „ 4. *Hexanchus griseus* CUV. Dasselbe wie Fig. 3 B. $\frac{2}{3}$ nat. Gr. *P* Propterygium.
Bezüglich Fig. 3 B und 4 vergl. Text p. 175 Anm. 1.

Braus, *mit cusillosse Musk u. Nerven.*

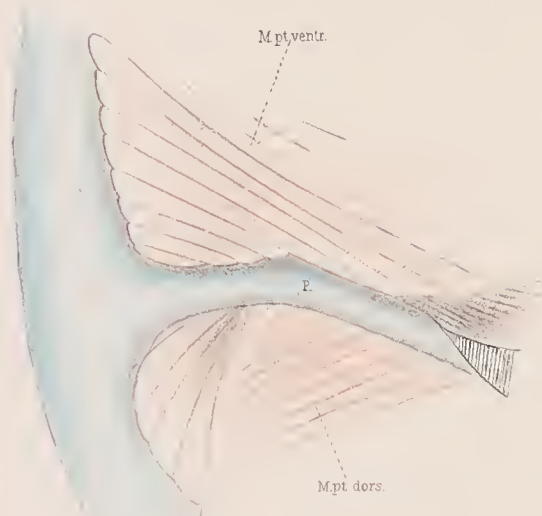
3. ACANTHIAS.
A.



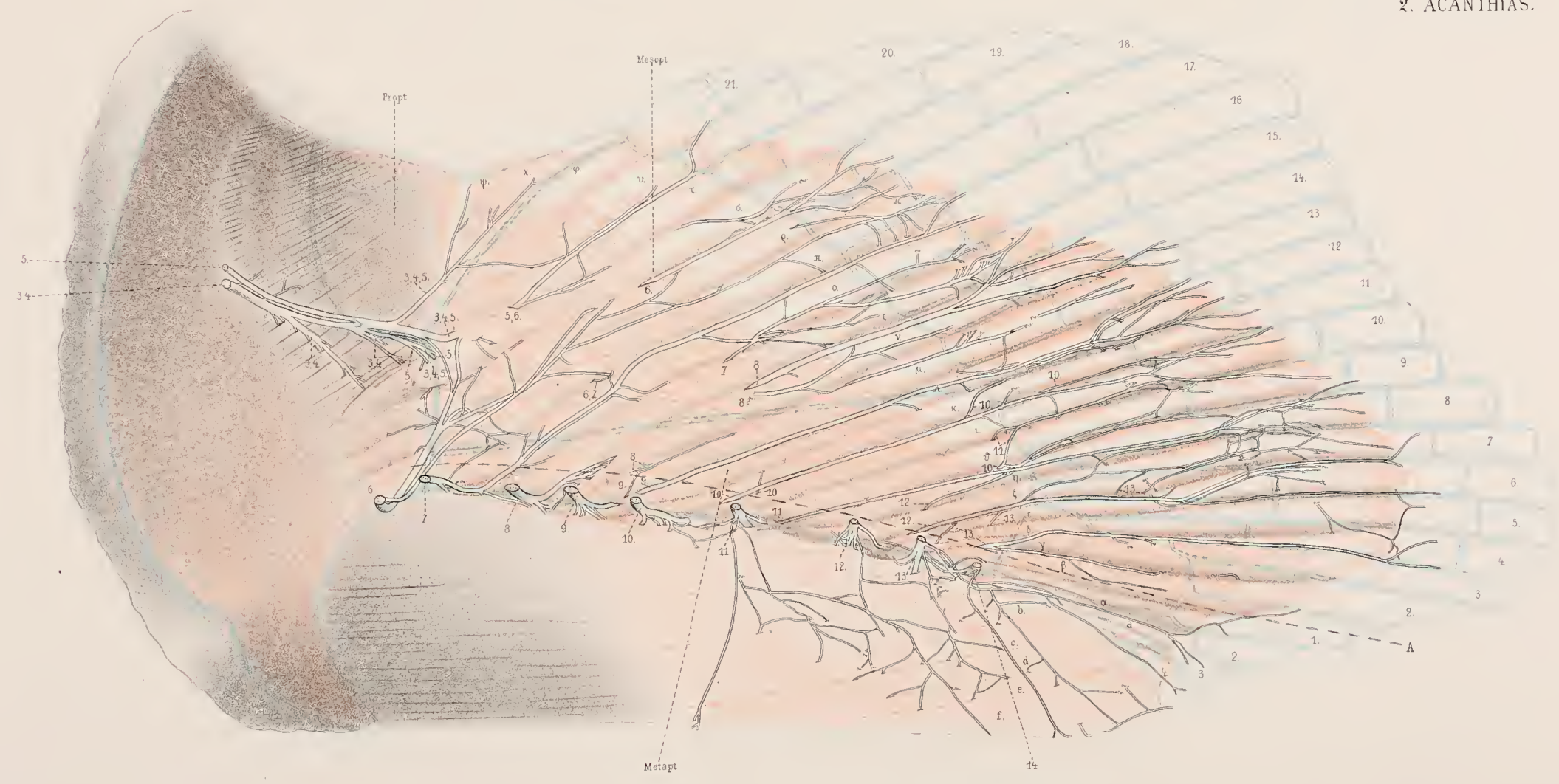
1. CERATODUS.



4. HEXANCHUS.



2. ACANTHIAS.



3. B.



Tafel XXIV.

Tafel XXIV.

Hexanchus griseus CUV., Nerven der inneren Bauchwandfläche.

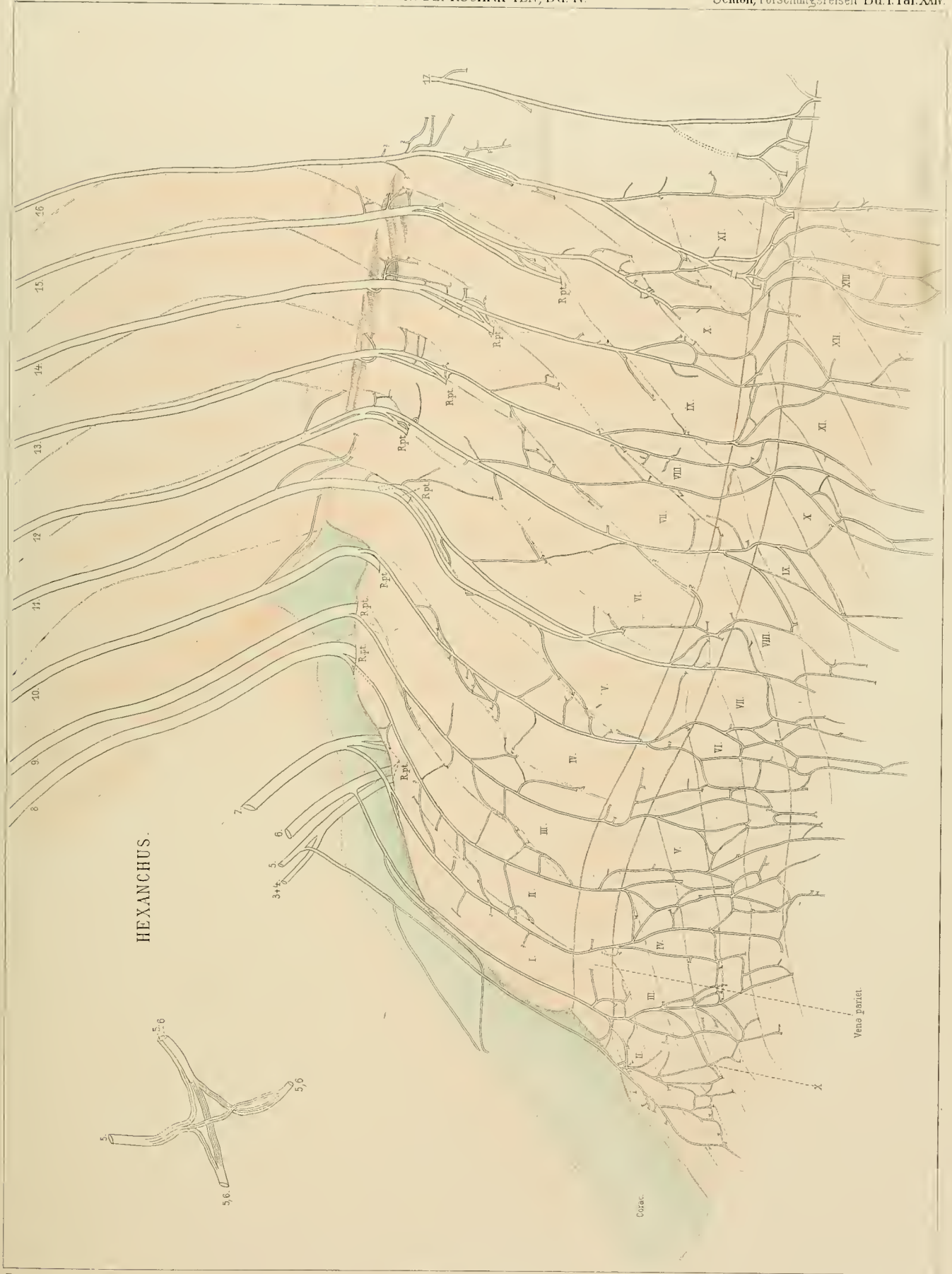
($\frac{3}{4}$ nat. Gr., Originalzeichnung in nat. Grösse.)

Bezeichnung der Nerven siehe Taf. XXII.

I, II, III etc. Pseudomyomeren der Rumpfwand, beginnend beim Schultergürtel (*Corac.*).

R. pt. Ramus pterygialis communis. Die Fortsetzung desselben vergl. Taf. XXII, Fig. 2.

Die Stelle *x* ist links oben in 9facher Vergr. (auspräparirt) gezeichnet.



HEXANCHUS.

Tafel XXV.

Tafel XXV.

Brustflosse von *Acipenser ruthenus* L.

Bezeichnung der Nerven vergl. Taf. XXII.

Fig. 1. Mediale, der Rumpfwand anliegende Fläche der Flosse. 3 mal vergr.

- „ 2. Flossenskelet und Nervenplexus auf diesem durch Entfernung des dorsalen Hauptmuskels freigelegt (die Contouren des letzteren durch roth gestrichelte Linie angegeben). 5 mal vergr.

Die punktirt gezeichneten Nerven liegen nicht fest auf dem Knorpel, sondern innerhalb des Hauptmuskels. Die Anfänge der Nerven dieser Figur schliessen an die Enden der dorsalen Aeste (*Rr. pteryg. dors.*) von Fig. 1 an. Einige Knochenstrahlen des Hautskelets am linken unteren Rande der Figur angedeutet.

- „ 3. Chondrale Fläche des ventralen Hauptmuskels nach partieller Abtragung des Knorpelskelets, der Clavicula und des knöchernen Randstrahles. 2 mal vergr.

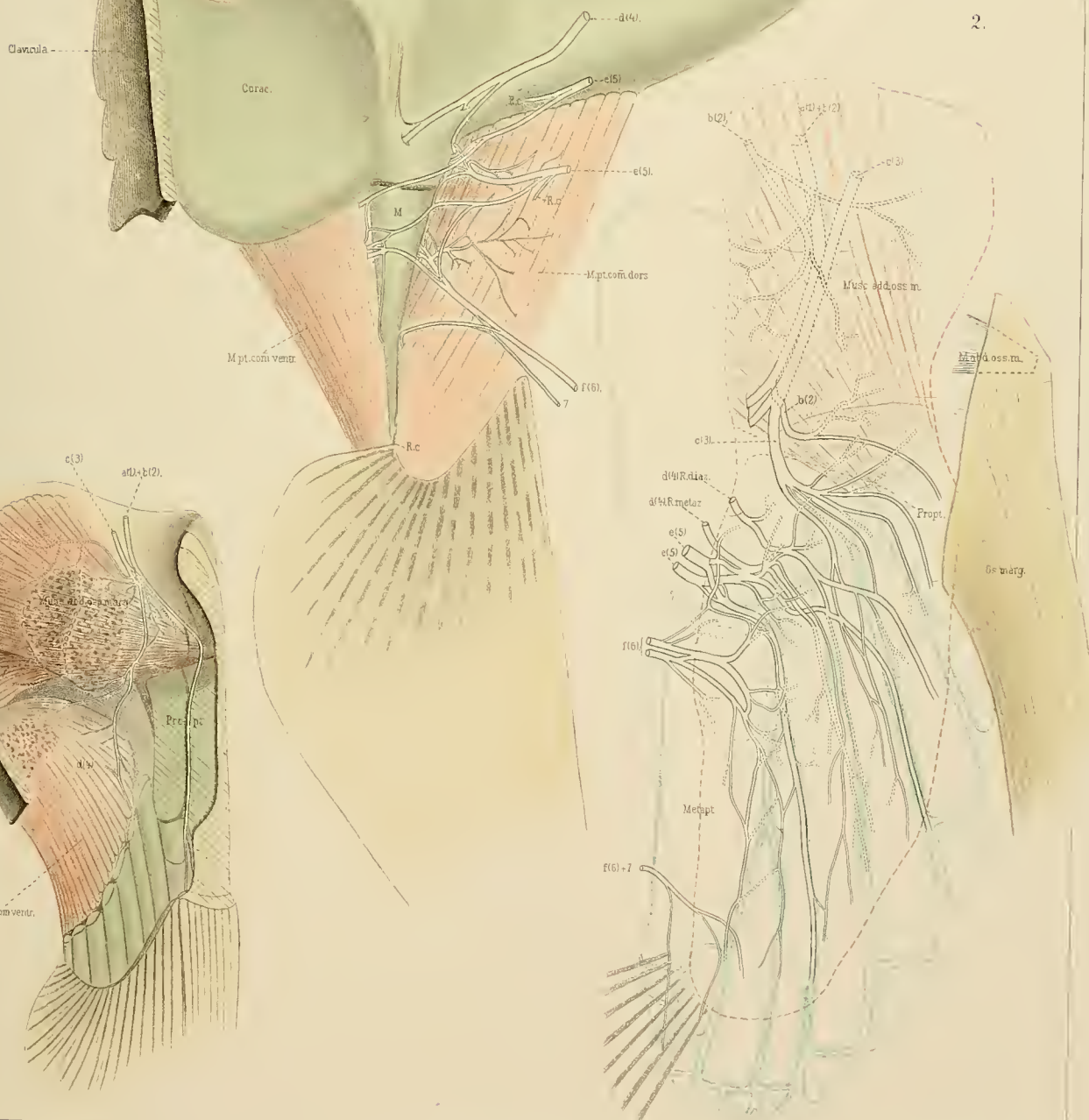
Es sind nur einige Nerven eingezeichnet. Dieselben schliessen mit ihren Anfängen an die *Rr. pterygiales ventrales* der Fig. 1 an. Bezüglich der übrigen Nerven des Plexus vergl. Textfigur 18, p. 223.

ACIPENSER.

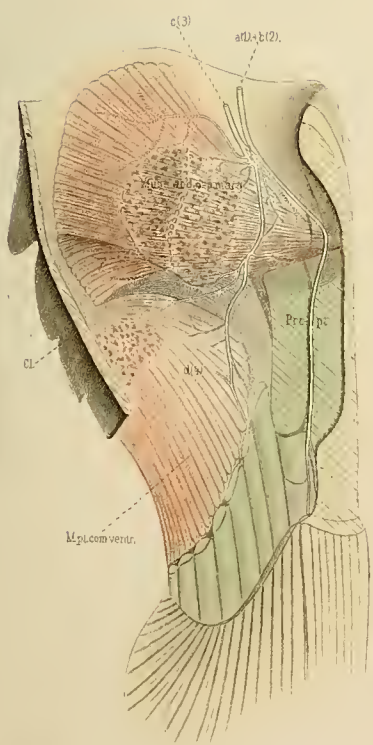
1.



2.



3.



Tafel XXVI.

Tafel XXVI.

Brustflossen von Knorpel- und Knochenganoiden.

(Fig. 1 A, 2, 3 rechte Flossen; Fig. 1 B—E, 4 A und B linke Flossen.)

Nervenbezeichnung wie auf vorhergehenden Tafeln (vergl. auch Text p. 206 Anm. 1).

Musc. depr. Musculus depressor.*Musc. levat.* Musculus levator.*Musc. abduct.* Musculus protractor (vergl. Text p. 211 Anm.).*Musc. adduct.* Musculus retractor (vergl. Text p. 211 Anm.).Fig. 1. *Polypterus bichir* GEOFFR.

Fig. 1 A. Mediale Fläche des Flossenskelets mit den aufliegenden Nerven, durch Abtragung des auf ihm befindlichen dorso-medialen Hauptmuskels sichtbar gemacht. 5 mal vergr. Die Nervenäste für den ventro-lateralen Hauptmuskel quer schraffirt. Die Nervenäste des Plexus dorsalis, welche nicht dem inneren Skelet anliegen, sondern sich zwischen den Muskelfasern befinden, mit gestricheltem Contour. Die Grenzen des abgetragenen Muskeltheiles durch roth gestrichelte Linien markirt. Im Nervenloch des primären Schultergürtels ein Gefäss (s. Fig. 2). Der Knorpel des Schultergürtels war mit einer sehr dünnen Knochenschale bedeckt, welche nicht reproducirt ist. *M. levator* von seinem Ursprung am Cleithrum abgelöst.

Fig. 1 B. Längsschnitt durch den dorso-medialen Hauptmuskel über der Cartilago centralis. Letztere und ein ihr ansitzender Endradius ist durch Wegnahme der links von dem Schnitte befindlichen Musculatur freigelegt. 5 mal vergr. *Zw.S.* Zwischensehne, *Mm.z.k.* Musculi zono-keratoidei, *Mm.pt.k.* Musculi pterygo-keratoidei. Der Nerv ist derselbe wie der in Fig. 1 A an derselben Stelle des Marginale praeaxiale (spiegelbildlich) liegende Ast.

Fig. 1 C. Längsschnitt wie in Fig. 1 B, aber durch die Musculatur über dem Marginale post-axiale. Der freipräparirte Muskellängsschnitt ist in Fig. 1 B und C ein wenig nach rechts zur Seite geschoben, um ihn besser von der Fläche sichtbar zu machen.

Fig. 1 D. Oberflächenansicht des ventro-lateralen Hauptmuskels. 4 mal vergr. Der Schultergürtel und *M. protractor* (*M. abduct.*) sind theilweise mit einer derben Bindegewebsmasse (weiss) bedeckt. Am distalen Ende des *M. depressor* tritt das knorpelige Actinale des Marginale postaxiale partiell an die Oberfläche.

Fig. 1 E. Dasselbe wie in Fig. 1 D, jedoch auf die basale Partie der Flosse beschränkt und nach Entfernung des *M. protractor* (*M. abduct.* Fig. 1 D). 5 mal vergr. Auch die Bindegewebsmasse ist vom Schultergürtel entfernt. Primärer Schultergürtel blau (vergl. Fig. 1 A). Die roth punktirte Linie giebt die proximale Grenze des Ursprunges vom *M. protractor* an.

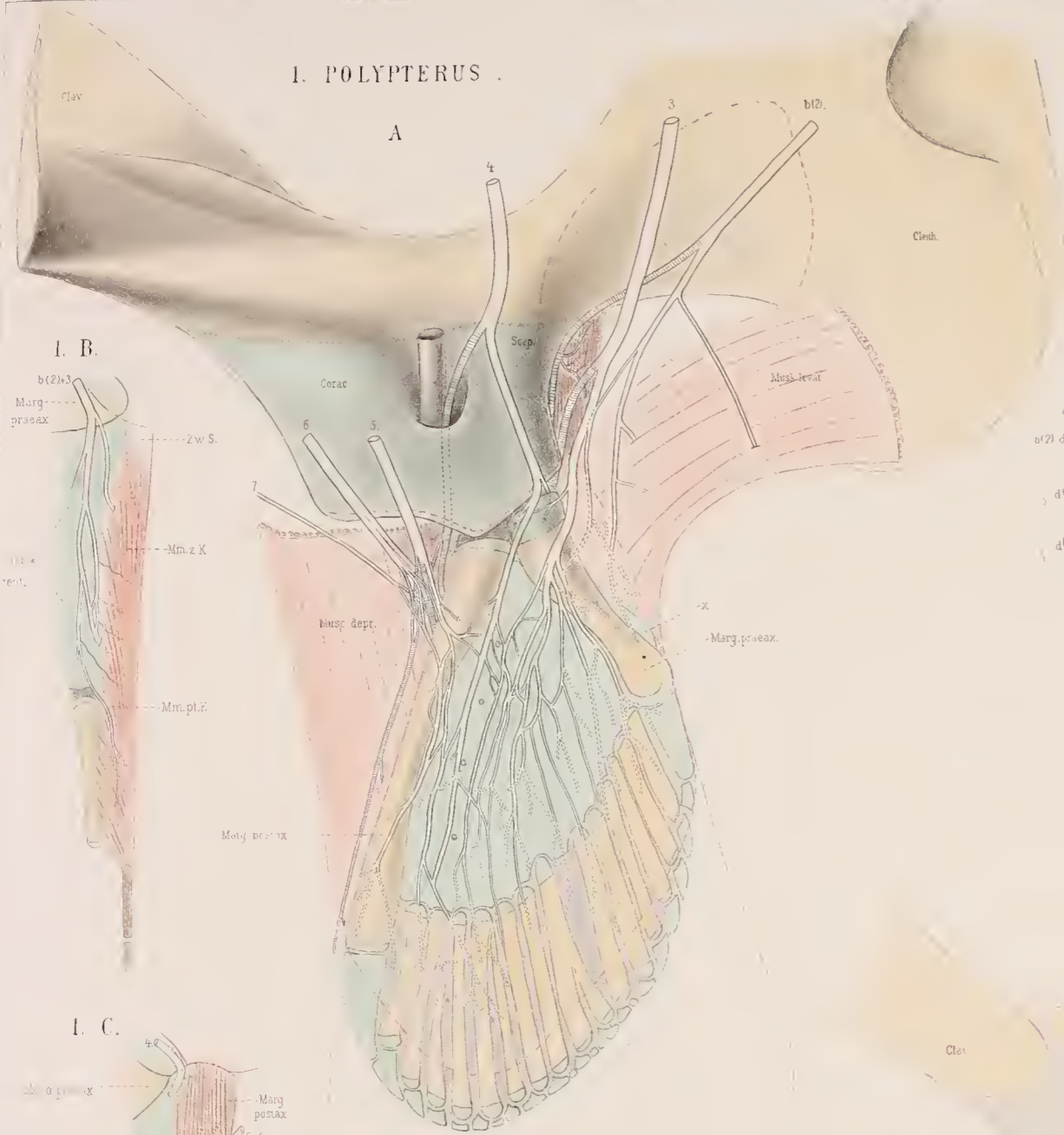
- „ 2. *Polypterus*-Flosse wie in Fig. 1 A, aber mit Erhaltung der dorso-medialen Musculatur. 4 mal vergr. Auch der *M. levator* liegt in situ. Die Nerven sind von ihrem Austritt aus der Wirbelsäule und dem Schädel ab gezeichnet. Auch die Anfänge der ventralen Fortsetzungen zur Rumpfwand sind angegeben, und zwar sind mit *Pl. cerv.* die cranial vom Schultergürtel, *N. metaz. I, II* etc. die caudal vom Schultergürtel verlaufenden bezeichnet. *X. N. vagus.* Beim Austritt aus der Wirbelsäule sind die Foramina der letzteren durch einen Querstrich an den vordersten Nerven angedeutet und die ventralen Nervenwurzeln mit *v*, die dorsalen mit *d* angegeben. *Zw.S.* Zwischensehne, *L.* Ligamentum cleithro-vertebrale (KLAATSCH). Vom Hautskelet sind nur einige Knochenstäbe eingezeichnet.
- „ 3. *Acipenser ruthenus* L. Ansicht der dorsalen Brustflossenoberfläche. $2\frac{2}{5}$ mal vergr. Der Schultergürtel ist in seiner oberen Partie quer durchschnitten. Der erhaltene Theil ist in starker Verkürzung gezeichnet. Nerven wie in Fig. 2. Die Schädelwand ist jedoch schematisch durch einen dunkel schattirten Streifen (wie im Längsschnitt) eingetragen. Man beachte die theilweise verschmolzenen Kanäle für die ventralen und dorsalen Nervenwurzeln und Lage mancher Spinalganglien in der Schädelwand oder selbst Schädelhöhle (vergl. dazu STANNIUS, 1854, p. 140). *R.v.* die hinteren Rr. ventrales der Spinalnerven (weiter vorn sind dieselben mit *R.m.z. I, II* = Rami metazonales, wie in Fig. 2, bezeichnet), *C. I, II, III* etc. Rippen. Dieselben sind dort, wo sie seitlich zur ventralen Rumpfwand abbiegen, durchschnitten. Auch die Verbindung mit Schädel und Wirbelsäule ist nicht gezeichnet. *G.K.* Kapsel des Gelenkes zwischen Randstrahl und Schultergürtelknochen.
- „ 4. *Amia calva* L. 2 mal vergr.

Fig. 4 A. Ansicht der Brustflosse und ihrer medialen Fläche von oben. Der Schultergürtel ist in seinem dorsalen Theile durchsägt und nach links zur Seite geklappt, um die Musculatur von der Fläche sichtbar zu machen. Nerven wie in Fig. 2. Die Rippen (schräg schraffirt) sind an ihrem lateralen Ende complet wiedergegeben. *Lig.* Ligamentum cleithro-vertebrale und seine Lage zu den Spindelnerven (vergl. VAN WIJHE, 1882, p. 89, 90). An den Nerven ist die Stelle, an welcher die Rr. pterygiales in die Rumpfwand von innen sich einsenken, durch eine Linie schematisch markirt. Die Rr. ventrales (*R.v.*) hören an derselben auf, weil sie hier zur ventralen Bauchwand umbiegen.

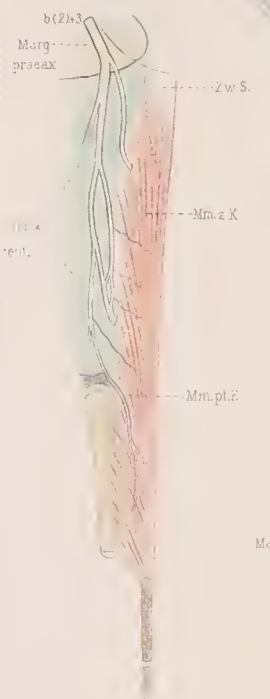
Fig. 4 B. Dasselbe wie in Fig. 4 A, aber nach Entfernung der Musculatur. Die Nerven schliessen an die Rr. pterygiales dorsales von Fig. 4 A an und tragen die entsprechende seriale Bezeichnung. Die Grenzen der Musculatur sind mit einer roth gestrichelten Linie angegeben. *x* ein isolirtes Knorpelchen neben dem Metapterygium. Die punktirt gezeichneten Nerven liegen zwischen den Muskeln, die glatt contourirten auf dem inneren Skelet.

1. POLYPTERUS.

A



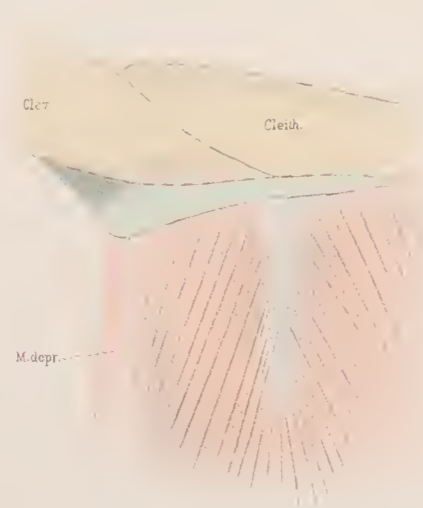
I. B.



I. C.



I. E.



2. POLYPTERUS.

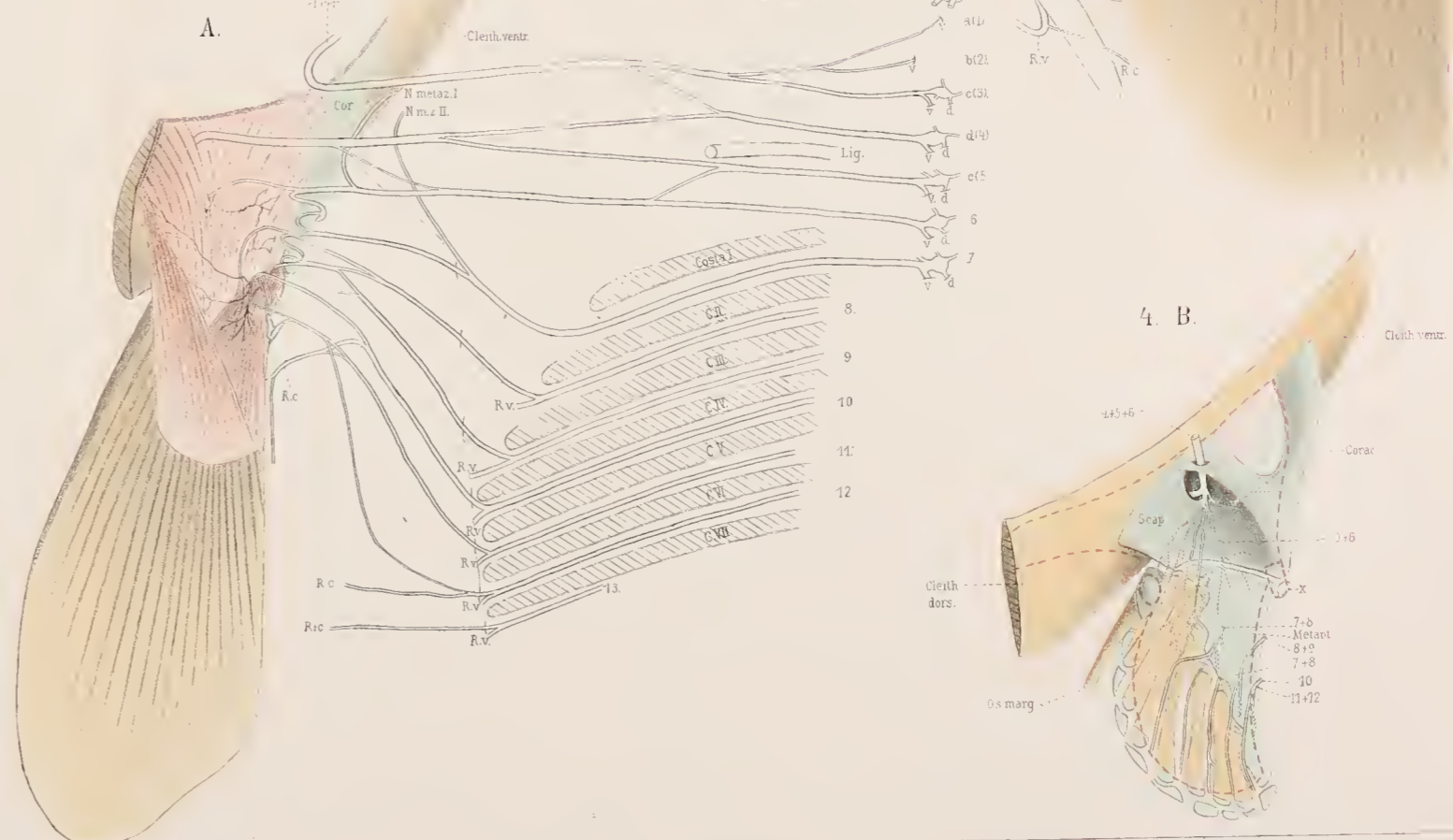


I. D.

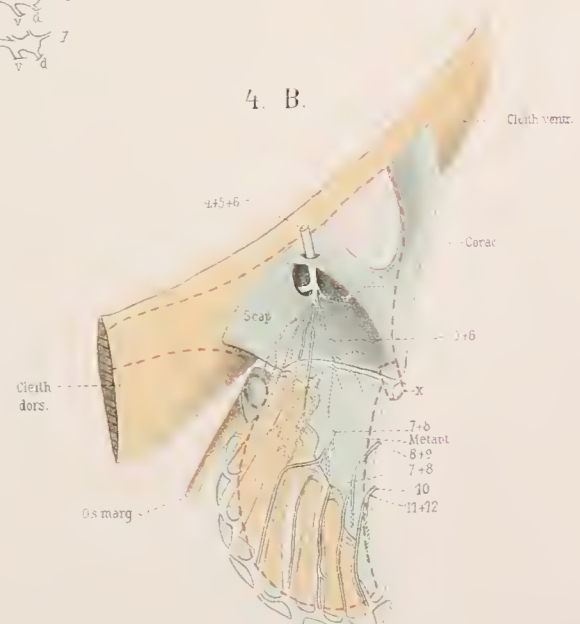


4. AMIA.

A.



4. B.



Tafel XXVII.

Tafel XXVII.

Nervenbezeichnung wie auf vorhergehenden Tafeln.

Die Rr. pterygiales laterales (dorsales) sind nur an ihrem Beginn zu sehen (grau getönt).

Fig. 1. *Necturus lateralis*. Ansicht der rechten vorderen Extremität von der medialen Seite. 4 mal vergr. (Originalzeichnung 5 mal vergr.)

Muskelbezeichnungen.

(Nach FÜRBRINGER, 1873, 1874; EISLER, 1895; GEGENBAUR, 1898.)

- M. a. c.* Musc. anconaeus coracoideus (FBR).
M. a. h. l. Musc. anconaeus humeralis lateralis (FBR).
M. a. h. m. Musc. anconaeus humeralis medialis (FBR).
M. a. s. Musc. anconaeus scapularis (FBR).
M. c. br. Musc. subscapularis (FBR).
M. c. br. br. Musc. coraco-brachialis brevis (FBR).
M. c. br. l. Musc. coraco-brachialis longus (FBR).
M. c. br. pr. Musc. coraco-brachialis proprius (FBR).
M. d. h. Musc. dorso-humeralis (FBR).
M. f. m. IV p. l. Musc. flexor metacarpi IV profundus longus (EISL.).
M. h. a. m. Musc. humero-antibrachialis inferior (GGB.).
M. h. m. v. m. Musc. humero-metacarpalis volaris medius (GGB.).
M. h. m. v. r. Musc. humero-metacarpalis volaris radialis (GGB.). Nur mit gestricheltem Contour eingezeichnet. (Der Muskel wurde im Präparat entfernt.)
M. h. m. v. u. Musc. humero-metacarpalis volaris ulnaris (GGB.).
M. p. Musc. pectoralis (FBR).
Mm. d. br. s. Musculi digitorum breves superficiales (EISL.).
Mm. p. pr. Musculi palmares profundi (EISL.).
M. pr. h. Musc. procoraco-humeralis (FBR).
pr. m. prozonale Rumpf-(Hals-)Musculatur.
M. s. c. Musc. supra-coracoideus (FBR).
x Durchschnittsstelle des Musc. anconaeus coracoideus am Ursprung und inmitten seines Bauches.

Im Winkel zwischen *M. subscapularis* und *M. dorso-hum.* liegt der *M. dorsalis scapulae*.

Nervenbezeichnungen.

- R. c.* Ramus cutaneus. *Rr. pr.* Rami prozonales.

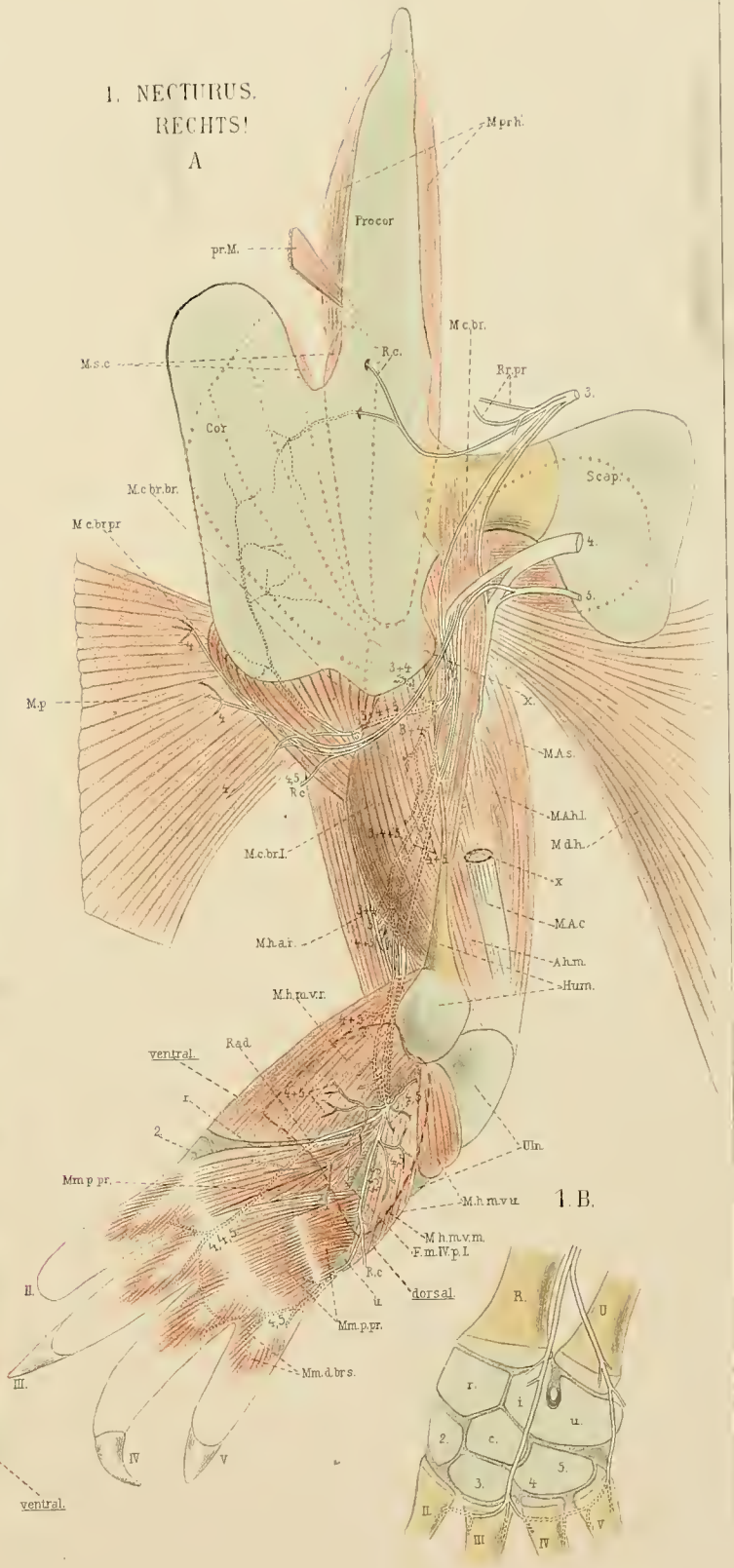
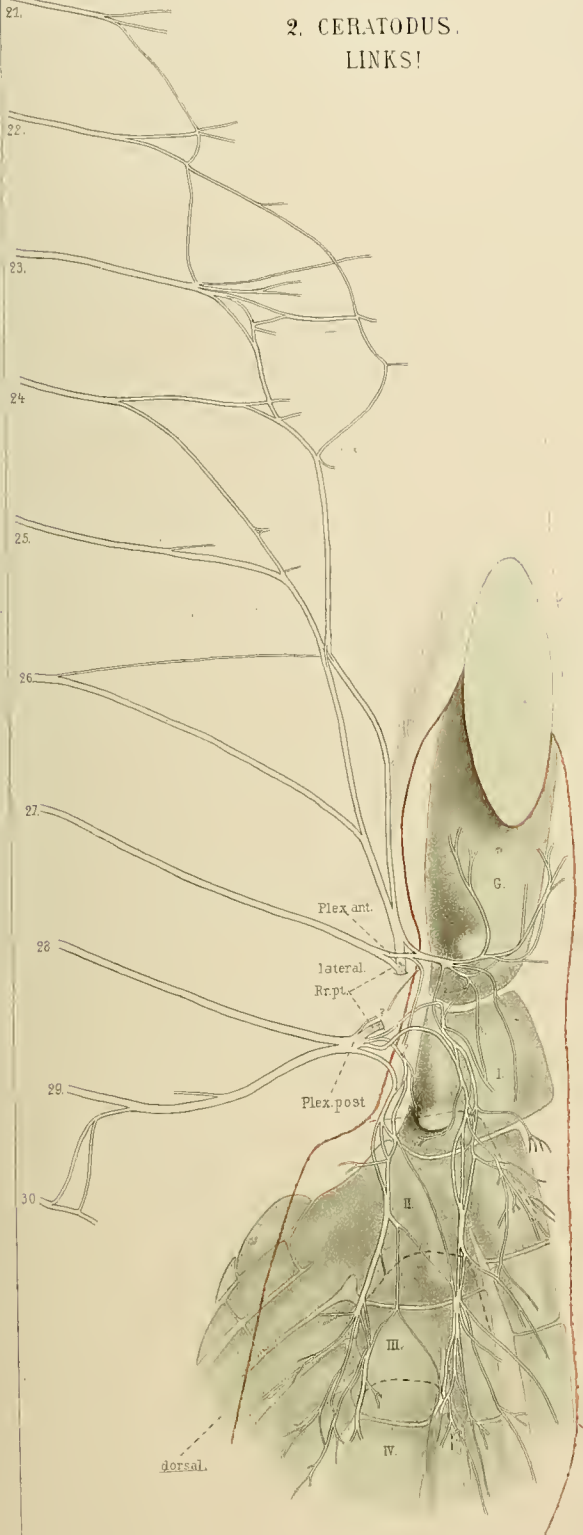
Skeletbezeichnungen.

- | | |
|----------------------------|--|
| <i>C</i> Centrale. | <i>Scap</i> Scapula. |
| <i>Cor</i> Coracoid. | <i>U</i> Ulna. |
| <i>H</i> Humerus. | <i>u</i> Ulnare. |
| <i>i</i> Intermedium. | 2, 3, 4, 5 Carpalia (distale Reihe). |
| <i>Procor</i> Procoracoid. | II, III, IV, V { Metacarpalia in Fig. 1 B. |
| <i>R</i> Radius. | { Finger in Fig. 1 A. |
| <i>r</i> Radiale. | |

Fig. 1 A. Die Nervenäste tragen bei ihrer distalen Verbreitung eine Bezeichnung durch Ziffern, welche die seriale Zusammensetzung des betreffenden Astes angeben. Bezüglich der Ziffern 4 und 5 vergl. Text p. 261. Die Contouren der von aussen den Schultergürtel bedeckenden Muskeln sind mit rothen punktirten Linien angegeben (die Nervenäste derselben, soweit sie Rr. ventrales sind, ebenfalls punktirt eingetragen). Da, wo Musc. procoraco-humeralis und Musc. supra-coracoideus zusammenstossen, liegt hinter dem an dieser Stelle schräg mit grauen Schattenlinien schraffirtem Schultergürtel der Proc. lateralis humeri, an welchem diese Muskeln inseriren.

Fig. 1 B. Mittelhand und angrenzende Theile nach Entfernung der Musculatur. Die dem Skelet anliegenden Nerven mit ausgezogenen, die in der Musculatur befindlichen mit punktirten Contouren versehen. Die Nerven liegen sämtlich über dem Skelet, auf den Beschauer zu. In *i* + *u* befindet sich ein Gefässloch.

Fig. 2. *Ceratodus forsteri* KR. Ansicht der linken hinteren Extremität von der medialen Seite. 2 mal vergr. Der ventro-mediale Hauptmuskel ist entfernt (sein Contour mit rother, seine Inscriptionen mit schwarzer Strichelung markirt). Das Becken ist in der Mittellinie der Bauchwand durchtrennt. *G* Gelenkfortsatz desselben, *I*, *II*, *III* etc. Mesomeren des Axenstrahles.



Tafel XXVIII.

Tafel XXVIII.

Rechte Bauchflossen von Knorpel- und Knochenganoiden.

Nervenbezeichnung wie auf den vorhergehenden Tafeln.

Die Grenzen zwischen den Basalia des Knorpelskelets in Fig. 1, 2 A, 2 B und 3 werden verständlich durch Berücksichtigung der Flächenansichten in Taf. XXIX, Fig. 4, 2 und 3.

Fig. 1. *Polyodon folium* LACÉP. Ansicht von der medialen Seite aus. 4 mal vergr. I, II, III etc. Basalia (Basalplatten und -segmente) des Knorpelskelets, Plex Geflecht der ventralen Rumpfnerven, • am Ende abgeschnittener Nervenäste, giebt an, dass der betreffende Nerv die Bauchmuskulatur versorgt (*R. i. c.*). Die Fascie, von welcher die dorsale Musculatur im Präparat entspringt, ist entfernt worden. Die Muskelursprünge sind entsprechend den Dorsalfortsätzen des inneren Skelets in Schichten zertheilt. Doch treten diese erst bei der Präparation deutlich hervor. In den Figuren sind sie eher verstärkt wiedergegeben.

„ 2. *Acipenser stellatus* PALL.

Fig. 2 A. Ansicht der dorsalen Fläche. 3 mal vergr. Die Fascie, welche die Ursprünge der dorsalen Musculatur bedeckt, ist wegpräparirt. Die Muskelursprünge roth getüpfelt. Die Basalplatte des inneren Skelets setzt sich in einen dorsalen Fortsatz fort, dessen Spangenstück (*Sp*) rechtwinklig umbiegt und horizontal liegt. Die Befestigungsstellen der Bauchmuskulatur am Knorpel sind mit roth gestrichelten Contouren angegeben (der vordere grenzt vom cranialen Rande der Basalplatte einen schmalen Streifen und vom Spangenstück einen Zipfel ab, der hintere vom caudalen Rande einen viel kürzeren schmalen Streifen).

Fig. 2 B. Ansicht wie in Fig. 1. 4 mal vergr. Doch ist der cranial und dorsal von der Basalplatte befindliche Theil der Bauchmuskulatur erhalten (grau). Die Schnittfläche der Bauchmittellinie caudal und ventral vom Knorpel durch Contour (gestrichelt) markirt. *R. d.* Ramus pelyco-ptyerygialis dorsalis, *R. v.* Ramus pelyco-ptyerygialis ventralis.

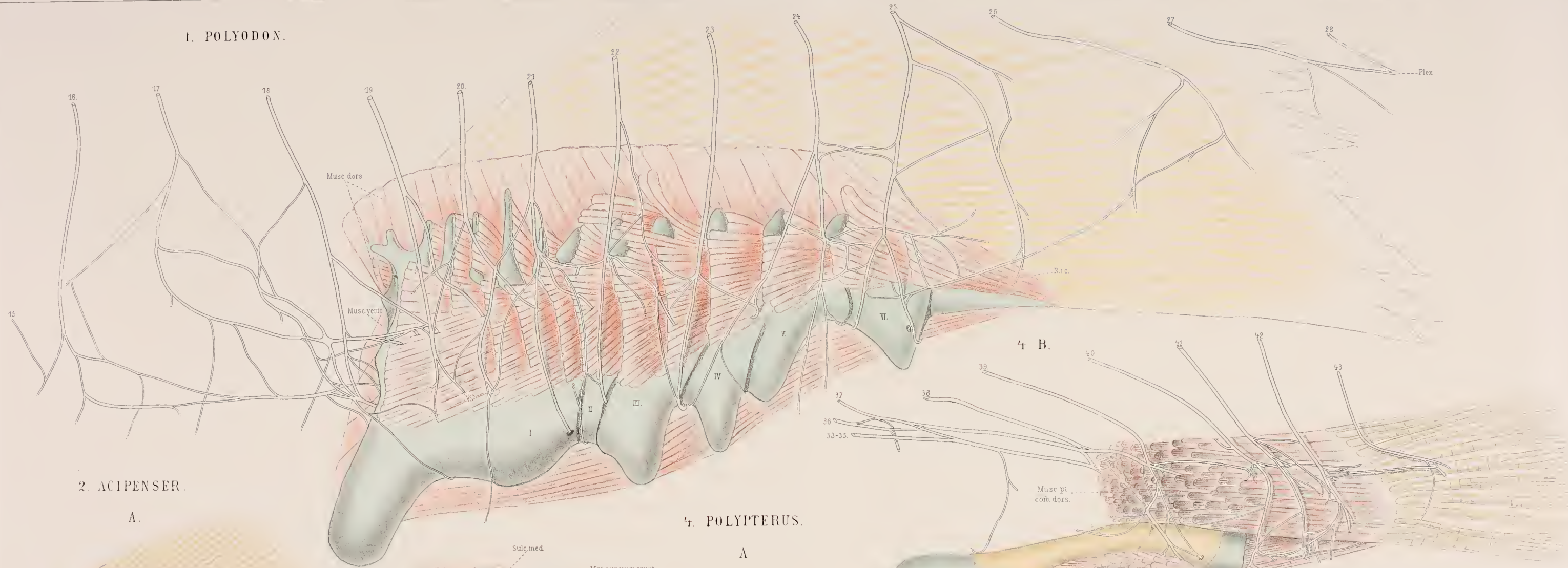
„ 3. *Scaphirhynchus kaufmanni*. Ansicht wie bei Fig. 1. 5 mal vergr. Die Contouren der Ansatzstellen der Bauchmuskeln wie in Fig. 2 A angegeben (siehe Erklärung zu dieser), aber mit schwarz gestrichelten Linien. Der Contour der caudal vom Becken liegenden Bauchmuskulatur findet sich hier auch am Dorsalfortsatz, wo er dem hinteren Contour desselben folgt, und am dorsalen Rande der medialen Enden der Basalia. Der vordere Contour nimmt das ganze Spangenstück (*Sp*) ein. Der erste dorsale Nervenast läuft vor dem Eintritt in den Dorsalmuskel eine Strecke weit unter dem Perichondrium des Dorsalfortsatzes der Basalplatte hin (kein eigentlicher Knorpelkanal).

„ 4. *Polypterus bichir* GEOFFR.

Fig. 4 A. Ansicht der ventralen Oberfläche der rechten und des Basaltheiles der linken Flosse. 2 mal vergr.

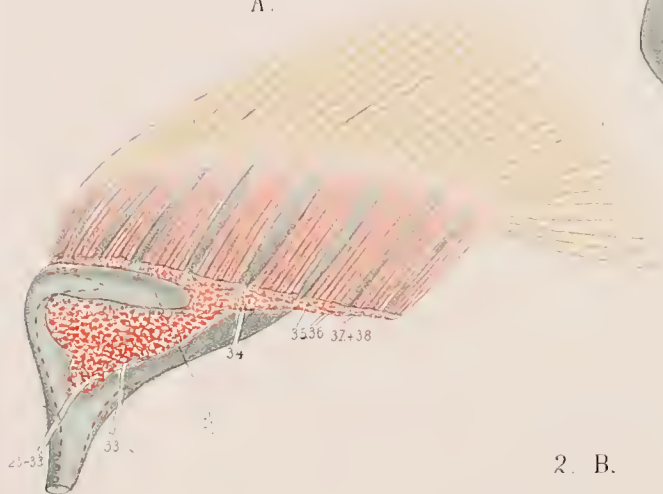
Fig. 4 B. Ansicht der dorsalen Oberfläche der rechten Brustflosse. $3\frac{1}{2}$ mal vergr.

1. POLYODON.

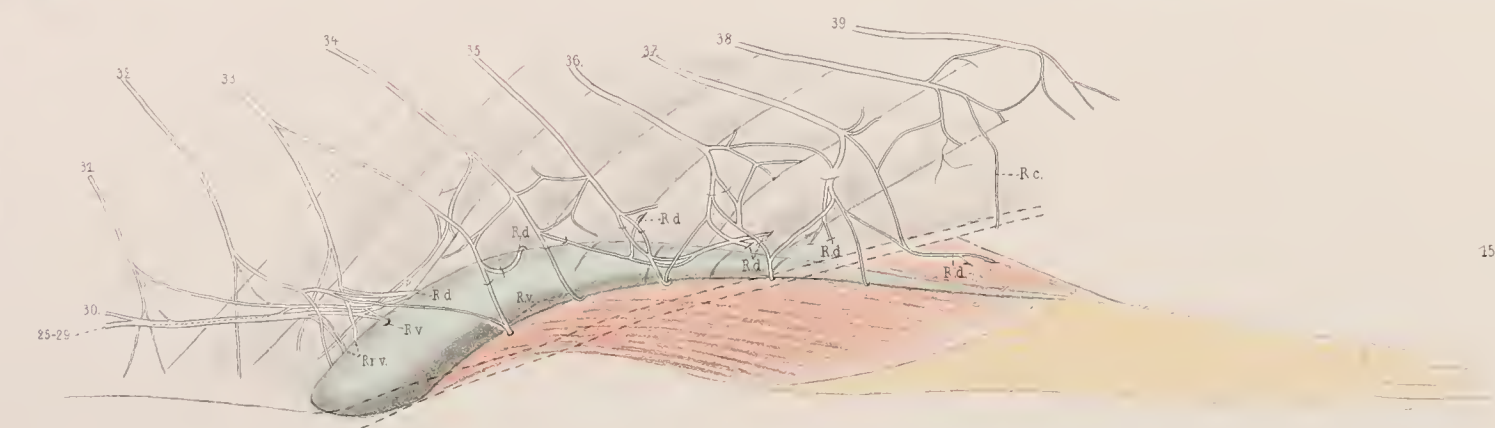


2. ACIPENSER.

A.

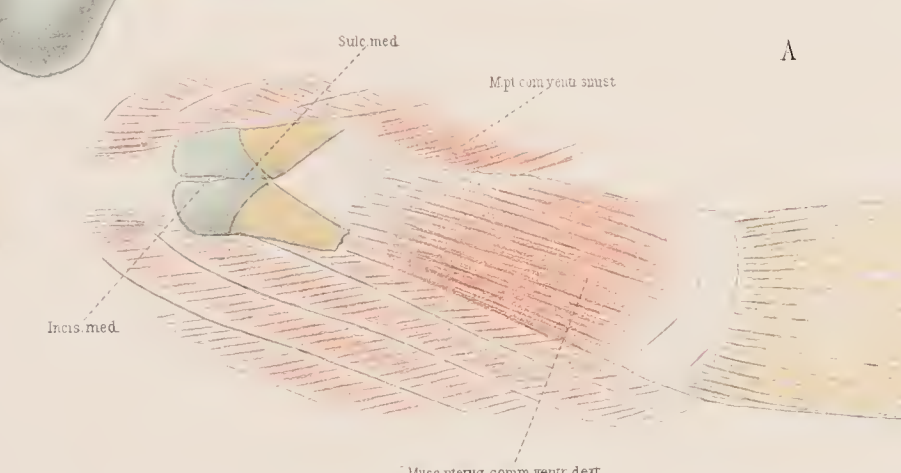


B.

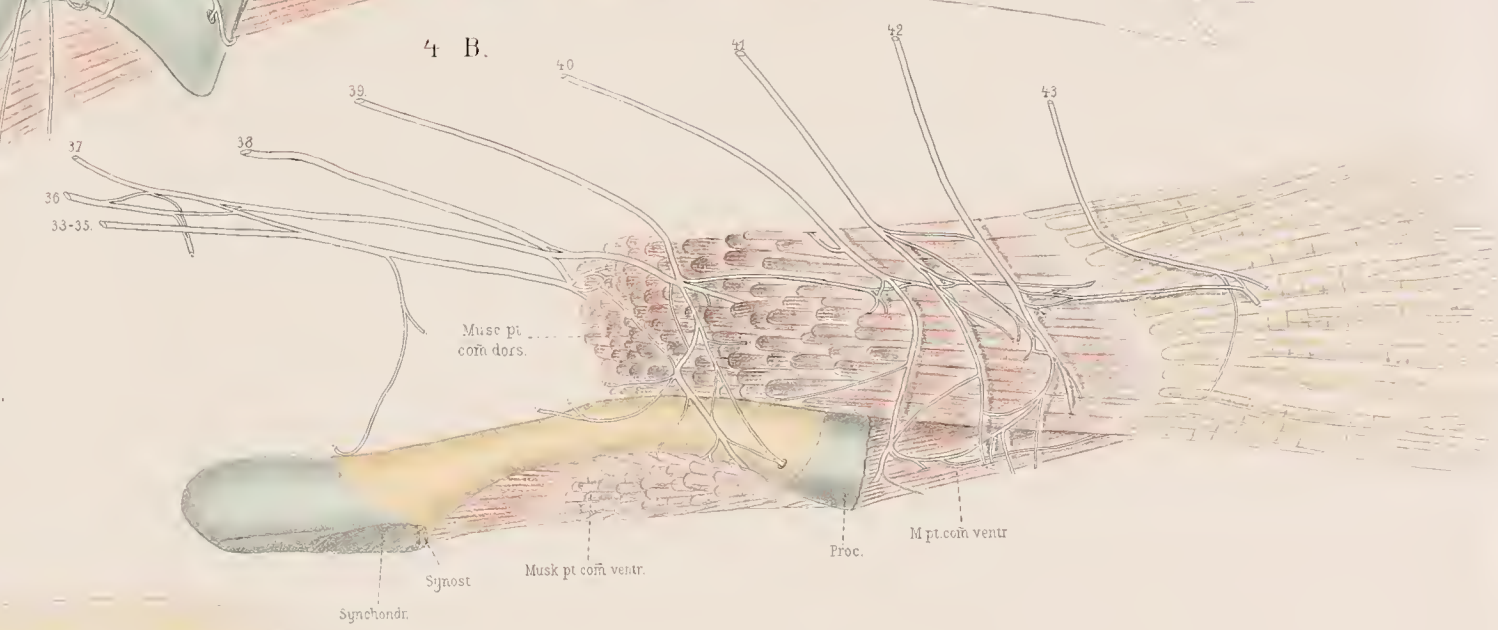


4. POLYPTERUS.

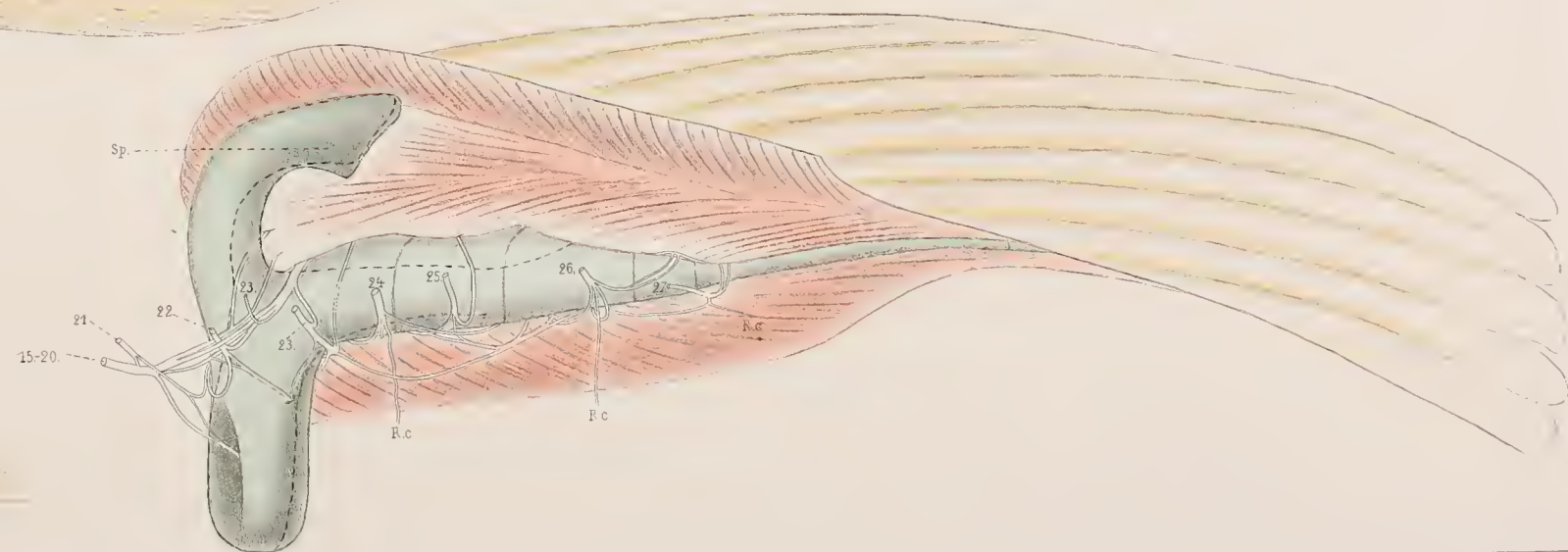
A.



B.



3. SCAPHIRHYNCHUS.



Tafel XXIX.

Tafel XXIX.

Ventrale Muskeln und Nerven der Bauchflossen von Squaliden (Fig. 1) und Ganoiden (Fig. 2—5).

Fig. 1, 3 und 4 (rechte Flossen) nach Art der Fig. 1 und 2, Taf. XXIII (siehe Erklärung zu diesen).

Fig. 2 und 5 (linke Flossen) nach Art der Fig. 2, Taf. XXV (siehe Erklärung zu dieser).

Nervenbezeichnungen wie in den vorhergehenden Tafeln.

Ursprünge der Muskeln am Skelet roth getüpfelt. Grenzen der *Mm. radiales* in Fig. 1 schwarz, in Fig. 2—4 roth.

- Fig. 1. *Acanthias vulgaris* RISSO. 4 mal vergr. *Mm. z. pt.* Musc. zono-ptyrgiales, *Mm. pt. k.* Musc. pterygo-keratoidei. Hornfädenbesatz an einer kleinen Stelle rechts unten angedeutet.
- „ 2 A. *Acipenser stellatus* PALL. 5 mal vergr. *x* Stelle, an welcher auf der anderen (dorsalen) Seite des Skelets der Dorsalfortsatz der Basalplatte (Taf. XXVIII, Fig. 2 A) beginnt. Am oberen rechten Rande der Figur sind in Contouren die vordersten Knochenstrahlen des Hautskelets gezeichnet. Der Anfang der Nerven schliesst an die *Rr. pterygiales ventrales* von Fig. 2 B, Taf. XXVIII, an.
- „ 2 B. Basales Stück eines Knochenstrahles und Insertion der Muskelfasern an demselben. *Mm. pt. ker.* Musculi pterygo-keratoidei, *Mm. tr. ker.* Musculi trunco-keratoidei.
- „ 3. *Scaphirhynchus kaufmanni*. 5 mal vergr. *R. c.* Ramus cutaneus. Die Nerven schliessen, wie bei Fig. 2 A, an diejenigen von Fig. 3, Taf. XXVIII, an.
- „ 4. *Polyodon folium* LACÉP. 3 mal vergr. Die punktirte blaue Linie (in *III*) bedeutet eine Furche im Knorpel, die ausgezogenen dagegen Spalten in demselben. Blaue Ringe geben Nervenkanäle an. *I, II, III* etc. wie in Fig. 1, Taf. XXVIII. An diese schliessen die Nerven der Fig. 4 an.
- „ 5. *Polypterus bichir* GEOFFR. 4 mal vergr. Die punktirt gezeichneten Nerven liegen innerhalb der Musculatur. Nerven an Fig. 4 B, Taf. XXVIII, anschliessend.
-

