

DIE
BRUSTFLOSSE DER CROSSOPTERYGIER

EIN BEITRAG ZUR ANWENDUNG DER ARCHIPTERYGIUM-THEORIE AUF DIE GLIED-
MAASSEN DER LANDWIRBELTHIERE

VON

DR. HERMANN KLAATSCH

A. O. PROFESSOR UND ASSISTENT AM ANATOMISCHEN INSTITUT ZU HEIDELBERG.

MIT TAFEL I—IV UND 42 FIGUREN IM TEXT.

EINLEITUNG.

Die Anregung zu der vorliegenden Arbeit wurde mir gegeben durch GEGENBAUR's neueste Publikation über das Gliedmaassenskelet der Fische (1894).

Durch eine erneute Untersuchung des Flossenskelets der Crossopterygier war er dazu geführt worden, dies Objekt mit Rücksicht auf die Archipterygiumtheorie anders als früher zu beurtheilen. Hierdurch wurde die Vergleichung des Flossenskelets bei Crossopterygiern, Dipnoern und Selachiern in einer neuen Weise durchführbar, indem bei jeder dieser Abtheilungen die eigenartige Entfaltung einer gemeinsamen Urform sich offenbarte. Als solche stellte sich das Archipterygium heraus, eine biserial mit Strahlen besetzte Knorpelaxe. Bei diesem Anlass wies GEGENBAUR mit grosser Umsicht und Schärfe alle jene, in neuerer Zeit aufgetauchten, einseitig embryologischen Theorien zurück, welche die Archipterygium-Lehre zu gefährden gesucht hatten.

Die Arbeit GEGENBAUR's beschäftigt sich nur mit den Fischen. Jene andere Seite der Frage, wie denn die Landwirbelthiere bezüglich ihres Gliedmaassenskelets mit den Fischen zu verknüpfen seien, wurde von ihm nicht berührt. Dennoch schien es mir beim Studium der GEGENBAUR'schen Arbeit, dass dieselbe auch für den oben bezeichneten Theil des ganzen Problems von grosser Bedeutung werden könnte. Vor allem war es die primitive Stellung des Crossopterygier-Zustandes, welche mir geeignet schien, die ganze Frage in neue Bahnen zu lenken. Die Selachier zeigten sich noch deutlicher als früher in ihrer einseitig entwickelten Richtung. Dazu kam, dass gewisse gemeinsame Charaktere des Crossopterygiums und Cheiropterygiums zum Nachdenken anregen mussten. Damit war natürlich nichts als eine Idee gegeben, und diese erwies sich als solche nicht als neu. Von EMERY war dieselbe zuerst vorgebracht worden, indem derselbe eine ganz direkte Verknüpfung der beiden, in Frage kommenden Objekte annahm; dann hatte POLLARD sich dieser Hypothese bemächtigt; endlich ist EMERY in allerneuester Zeit noch einmal auf diesen neuen Versuch, eines der schwierigsten Probleme der Morphologie zu lösen, zurückgekommen.

Das Studium dieser Arbeiten bestärkte mich in der Vermuthung, dass die ihnen zu Grunde liegende Idee etwas Wahres enthalten müsse, wenn auch die Aus-

führung des Gedankens bei beiden Autoren mich keineswegs befriedigen konnte. Ich vermisste eine genauere Feststellung der Thatsachen bezüglich der Crossopterygier, und die Vergleichung liess grosse Lücken erkennen, gerade in fundamentalen Punkten.

Hierdurch will ich das Verdienst dieser Forscher nicht schmälern. Sie haben den richtigen Weg erkannt, wenn sie ihn auch nicht bis zum Ziele verfolgt haben.

Um zu diesem zu gelangen, erschien es mir nöthig, auf einer breiten Basis die Vergleichung aufzubauen.

In erster Linie war es geboten, das neue Vergleichungsobjekt, die Brustflosse der Crossopterygier selbst einer genauen Prüfung zu unterziehen, und zwar nicht nur bezüglich des Skelets, auf welches sich die bisherigen Vergleichungen beschränkt hatten, sondern auch mit Rücksicht auf die Weichtheile, die Muskeln und Nerven. Auch allgemeinere Verhältnisse, wie Form, Stellung, Bewegungen der Flosse durften nicht vernachlässigt werden. Ein relativ reichliches Material an *Polypterus* und *Calamoichthys* unterstützte mich bei diesem Vorhaben. Besonders fruchtbringend war die Möglichkeit, von dem letztgenannten, seltenen Ganoiden mehrere Stufen verschiedener Ausbildung der Flosse, zum Theil auch auf Schnitten untersuchen zu können.

So wurde ein Fundament gewonnen, welches eine genauere morphologische Verwerthung der Thatsachen gestattete. Zunächst musste die Stellung des Crossopterygiums selbst zu anderen Archipterygiumformen dargelegt werden und in diesem Punkte konnte ich mich einerseits kurz fassen, da mich eigene Prüfungen vollständig zu den von GEGENBAUR ausgesprochenen Anschauungen führten; andererseits musste ich diesen Theil der Arbeit einschränken, theils um nicht die gesteckten Grenzen zu überschreiten, theils aus Mangel an geeignetem Material. Das Gewonnene genügte aber, um die Vergleichung des Ichthyopterygium mit dem Cheiropterygium im Allgemeinen so weit durchführen zu können, dass sich die nähere Beziehung des letzteren zum Archipterygium der Crossopterygier, als zu dem der Dipnoer und Selachier ergab, ein Resultat, welches auch durch die Untersuchung anderer Organsysteme gestützt wird.

Damit war die Berechtigung einer spezielleren Vergleichung zwischen Crossopterygium und Cheiropterygium gewonnen, und das Ergebniss derselben führte zur Anwendung der Archipterygiumtheorie auf das Cheiropterygium in einer neuen Weise, wodurch EMERY'S und POLLARD'S Vermuthungen theils ergänzt, theils bestätigt, theils korrigirt worden sind.

Welche Stellung ich den anderen Gliedmaassentheorien gegenüber einnehme, ergibt sich aus der Arbeit selbst. Wenn ich in manchen Punkten von den früheren Lehren abwich, so wird man, hoffe ich, erkennen, dass dies nicht in leichtfertiger Weise geschehen ist. In den Hauptpunkten liefert meine Arbeit eine Bestätigung der von GEGENBAUR geschaffenen Grundanschauungen.

I. Zur Anatomie des Crossopterygiums.

Wenn auch die anatomischen Verhältnisse der Crossopterygierflosse von verschiedenen Seiten her zum Gegenstand der Untersuchung gemacht worden sind, so fehlt es doch an einer Bearbeitung dieses Gebietes, welche hinreichend gründlich und gleichmässig durchgeführt wäre, um als Basis für weitreichende, vergleichend-anatomische Betrachtungen dienen zu können. Aus diesem Grunde kam eine eingehende Behandlung des wichtigen Objectes nicht vermieden werden, eines Objectes, dessen Verknüpfung mit höhern und niedern Zuständen in den folgenden Kapiteln dargelegt werden soll.

Hier handelt es sich zunächst um eine rein descriptive Darstellung der thatsächlichen Verhältnisse, und zwar aller Punkte, welche für eine vollständige und einheitliche Erfassung des Objectes von Bedeutung sind. Nicht nur die inneren Befunde des Skelets, der Nerven, der Muskulatur, auch die äusseren Eigenthümlichkeiten der Brustflosse des Polypterus und des Calamoichthys sollen in den Kreis der Betrachtung gezogen werden. Wenn hierbei manches Detail der Erwähnung werth gehalten wird, welches auf den ersten Blick zum Theil als selbstverständlich, zum Theil unwesentlich erscheinen könnte, so werden die späteren Betrachtungen das eingeschlagene Verfahren rechtfertigen.

Es wird sich zeigen, dass die einzelnen Theile der Flosse recht verschieden genau behandelt worden sind. Ueber das Skelet sind wir bisher am besten unterrichtet, namentlich durch GEGENBAUR's Angaben; Muskulatur und Nerven sind sehr wenig bisher berücksichtigt worden — wir waren darin wesentlich auf POLLARD's kurze Mittheilungen angewiesen — und gerade die äusseren Verhältnisse der Form und Haltung der Brustflosse der betreffenden Ganoiden sind nirgends übersichtlich dargestellt worden.

Ich hatte das Glück, über ein ziemlich reichliches Material der seltenen und werthvollen Objekte zu verfügen.

Von Polypterus lagen mir drei ganze Exemplare verschiedener Länge (43 cm, 50 cm, 65 cm) vor. Jugendliche Stadien konnte ich leider nicht erlangen, nur ein Skelet, das offenbar einem relativ kleinen Thier angehörte, fand ich in der hiesigen Sammlung vor. Von Calamoichthys hingegen standen mir gerade einige jüngere Stadien zur Verfügung. Besonders werthvoll war mir ein nur 12 cm langes Exemplar, ferner ein solches von 25 cm Länge, von denen auch Schnittpräparate angefertigt wurden. Von einem dritten ca. 18 cm langen Objekt konnte ich das Flossenskelet untersuchen.

Diese verschiedenen Materialien ergänzen sich gegenseitig. Naturgemäss werden die einzelnen Theile bald an diesem, bald an jenem Vertreter der Crossopterygier besonders zur Prüfung sich eignen; für die gröbern Verhältnisse der Muskeln und Nerven leistet der viel grössere Polypterus bessere Dienste als Calamoichthys, der wieder mehr für die feineren Verhältnisse herangezogen wurde.

Im Ganzen sind ja die Zustände bei beiden Formen im Wesentlichen übereinstimmende. Die Hintergliedmaasse, welche bekanntlich nur noch bei *Polypterus* und auch hier in reduzierter Form vorhanden ist, habe ich nicht weiter berücksichtigt, da sie für unsere Zwecke keine weitere Bedeutung weder im positiven noch negativen Sinne besitzt, und da der rudimentäre Charakter derselben ausser Zweifel steht.

A. Aeussere Verhältnisse, Form, Stellung und Bewegungen.

Die Lage der Brustflosse ist bei beiden *Crossopterygiern* durch die Beziehung des Schultergürtels zum Eingang der Kiemenhöhle gegeben, deren hintere Umrandung derselbe erst liefert. Der Opercularapparat kann bei der natürlichen Lagerung der Theile den Schultergürtel und auch noch die Ursprungsstelle der Extremität überragen; dies ist namentlich bei dem jungen *Calamoichthys* der Fall (Textfigur 1), dessen Operculum sich in einen langen Fortsatz auszieht, den ich für das Rudiment einer äusseren Kiemenbildung halte, wie ein solches in ähnlicher Weise bei *Polypterus* beobachtet worden ist. Bei den älteren Thieren und bei *Polypterus* (Textfigur 2, 3) tritt die Brustflosse freier hervor.

Die Form der Brustflosse kann im Allgemeinen als die einer Platte bezeichnet werden, an welcher, wie bei jeder Fischflosse, zwei Abschnitte zu unterscheiden sind.

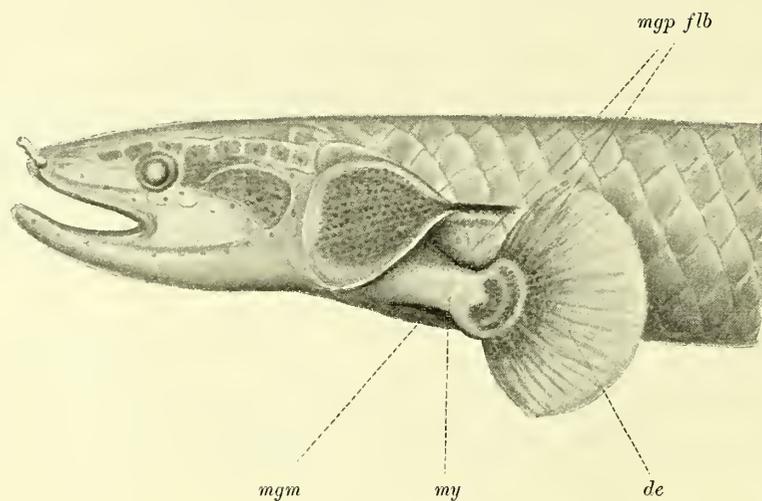


Fig. 1.

Seitliche Ansicht des Vordertheiles eines 12 cm langen *Calamoichthys*. Vergr. 7:1.

Ich schlage für diese, wie für andere Formen die Bezeichnungen des „myalen“ und „dermalen“ Theiles für die proximale und distale Partie des Pterygiums vor. Nur der proximale Theil (*my*) wird von Muskulatur eingenommen und scheidet sich scharf von dem das dermale Flossenskelet bergenden Hautsaum (*de*). Die Trennungslinie beider Abschnitte nenne ich die „Flossenbogenlinie“ (*flb*).

In der gewöhnlichen Haltung, die wir als die Ruhelage bezeichnen wollen, zeigt die Flosse eine mediale und eine laterale Fläche, einen dorsalen (*mgp*) und einen ventralen Rand (*mvm*), welche sich in der nicht immer besonders ausgeprägten, distalen Flossenspitze (*ap*) vereinigen.

Die Flosse hebt sich mit einer verschmälerten Partie vom Rumpfe ab, welche wir als den Flossenstiel bezeichnen können. Den von hieraus sich durch Divergenz der Ränder zu bedeutenderer Ausdehnung entfaltenden Abschnitt des Myaltheils dürfte man vielleicht als Flossenplatte im engeren Sinne noch besonders hervorheben.

Alle diese Theile bieten uns im Einzelnen nicht unwesentliche Verschiedenheiten dar, die wir an der Hand der Textfiguren 1—5 etwas genauer betrachten wollen.

Das jüngste untersuchte Stadium — der 12 em langen Calamoieihthys (Textfigur 1) — zeigt auffallende Besonderheiten in Vergleichung mit den anderen Objekten.

Die Längsaxe der Flosse ist schräg ventrocaudal gerichtet. Am Myaltheil sondert sich der Stiel deutlich von einer Platte. Der Dermaltheil erscheint fächerförmig, sodass an dem rundlichen distalen Rande eine Flossenspitze nicht zu unterscheiden ist.

Die Länge der ganzen Flosse beträgt ungefähr 4,5 mm, wovon 2,5 mm auf den Myaltheil kommen.

Der Flossenstiel hebt sich in einer Linie vom Körper ab, welche schräg von dorsocaudal nach ventrocranial zieht. Die laterale Fläche des Stiels ist schwach gewölbt, die innere mehr plan. Der Flossenstiel verjüngt sich distal stark und erhält damit einen dorsalen und einen ventralen Rand schärfer ausgeprägt. Der dorsale ist bedeutend kürzer als der ventrale. Der dorsale Rand zeigt eine starke in dorsaler Richtung konkave Einziehung; der distale Theil des Randes zieht steil empor zum entsprechenden Rande des Dermaltheils. Auch der ventrale Rand des Myaltheils zeigt eine Einziehung; diese ist aber mehr lokaler Art und liegt weiter proximal; auf dieselbe folgt distal eine Vorwölbung, welche in einem stumpfen Winkel gegen den Rand des Dermaltheils sich absetzt. Diese starke Divergenz der Ränder verleiht dem Dermaltheil die eigenthümliche Art seiner Ausbreitung; auch spiegelt sie sich wieder in der Divergenz der knöchernen Flossenstrahlen, welche, wie GEGENBAUR bereits betont hat, ungetheilt sind und bei unserem Objekt in einer relativ geringen Anzahl vorhanden sind.

Die Besonderheit der Platte verdient vor allem hervorgehoben zu werden; die laterale Fläche derselben zeigt eine eigenthümliche Pigmentirung. Hier fehlen noch Schuppenbildungen, während der übrige Theil, die laterale Fläche des Stiels, solche als sehr kleine Bildungen erkennen lässt.

Das ältere Exemplar des Calamoieihthys bietet ganz andere Befunde dar (Textfigur 2). Die Richtung der Flossenlängsaxe ist eine andere geworden; sie steigt dorsocaudal ein wenig an. Die Dimensionen der ganzen Brustflosse haben nicht mit der Grössenzunahme des Thieres gleichen Schritt gehalten. Die Figuren zeigen ohne Weiteres, dass die Extremität im späteren Stadium relativ kleiner ist,

als im früheren. Die Form des ganzen Gebildes ist dabei plumper und gedrungener geworden. Der Dermaltheil (*de*) hat sich in dorsoventraler Richtung verschmälert, der vorher ausgebreitete Fächer erscheint gleichsam zusammengelegt. Damit prägt sich eine Flossenspitze aus; die Zahl der Strahlen des Dermal skelets hat zugenommen.

Der Myaltheil (*my*) erscheint im Ganzen mehr abgeplattet, durch eine Abflachung auf seiner lateralen Seite, welche nunmehr ganz die Beschaffenheit des umgebenden Integumentes mit seinen Schuppenbildungen angenommen hat. Der „Stiel“ ist nicht mehr deutlich von der „Platte“ gesondert, und die Ränder haben

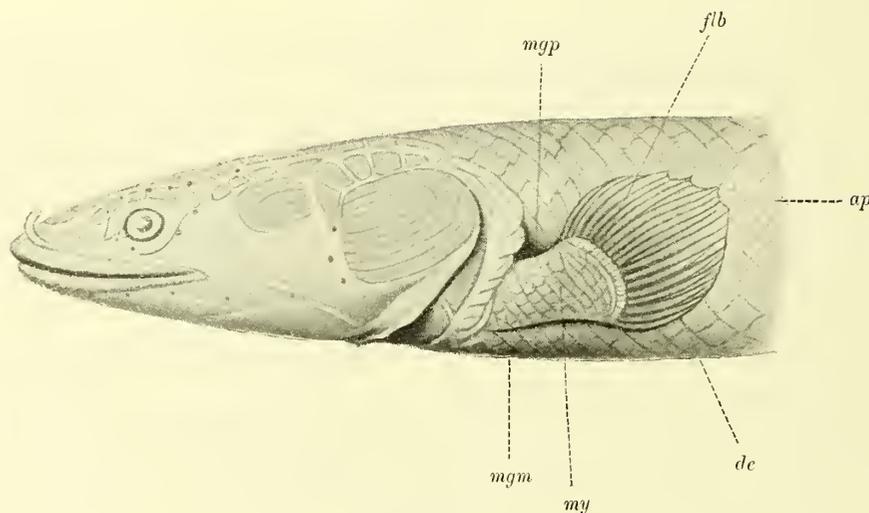


Fig. 2.

Seitliche Ansicht vom Vordertheil eines 25 cm langen Calamoichthys. Vergr.: 4:1.

ihre charakteristischen Biegungen verloren, erscheinen mehr gerade gestreckt, und nur der durch die Kenntniss des früheren Stadiums geschärfte Blick vermag noch schwache Andeutungen der früheren Gestaltung zu errathen.

Die Flossenbogenlinie hat sich auch verändert; sie zieht jetzt schräg vom distalen Ende des dorsalen Randes in caudaler Richtung zum entsprechenden Punkte des ventralen. Ihre Krümmungen lassen sich nicht mehr auf Theile eines Kreises beziehen, und damit prägen sich Besonderheiten aus, welche wir in grösserer Schärfe bei Polypterus antreffen werden.

Diese Veränderungen der Calamoichthysflosse deuten im Ganzen auf regressive Modifikationen des Organes hin, und in diesem Sinne scheint mir auch das Ergebniss einer gelegentlichen äusseren Prüfung der Brustflosse eines ea. 40 cm langen Exemplares zu sprechen.

Die Flosse hatte auch hier nicht in einer dem ganzen Körper entsprechenden Weise zugenommen, sie war noch gedrungener und ungegliederter geworden; die Ränder verliefen gerade, nur am ventralen zeigte sich eine kleine, vielleicht auf frühere Befunde der Art hinweisende Einkerbung.

Wenden wir uns nun zu *Polypterus*, so finden wir hier im Ganzen Zustände, welche an die ältesten von *Calamoichthys* sich anreihen lassen, nur ist die Brustflosse im Ganzen relativ mächtiger entfaltet, wie bei dem anderen *Crossopterygier*. Ich finde die Zustände bei den verschiedenen Exemplaren wesentlich übereinstimmend und wähle als Beispiel das für die Textfiguren 3. 5. 6 verwerthete 50 cm lange Thier.

In der Ruhelage würde eine durch die Mitte der Flosse gelegte Längsaxe in dorsocaudaler Richtung ansteigen. Eine solche Axe prägt sich jedoch nicht in der Mitte, sondern mehr dem ventralen Rande genähert aus, durch die am Dermaltheile befindliche Flossenspitze. Eine solche findet sich jedoch nicht immer mit gleicher Deutlichkeit; bei den kleineren Exemplaren tritt sie besser hervor als bei den grösseren.

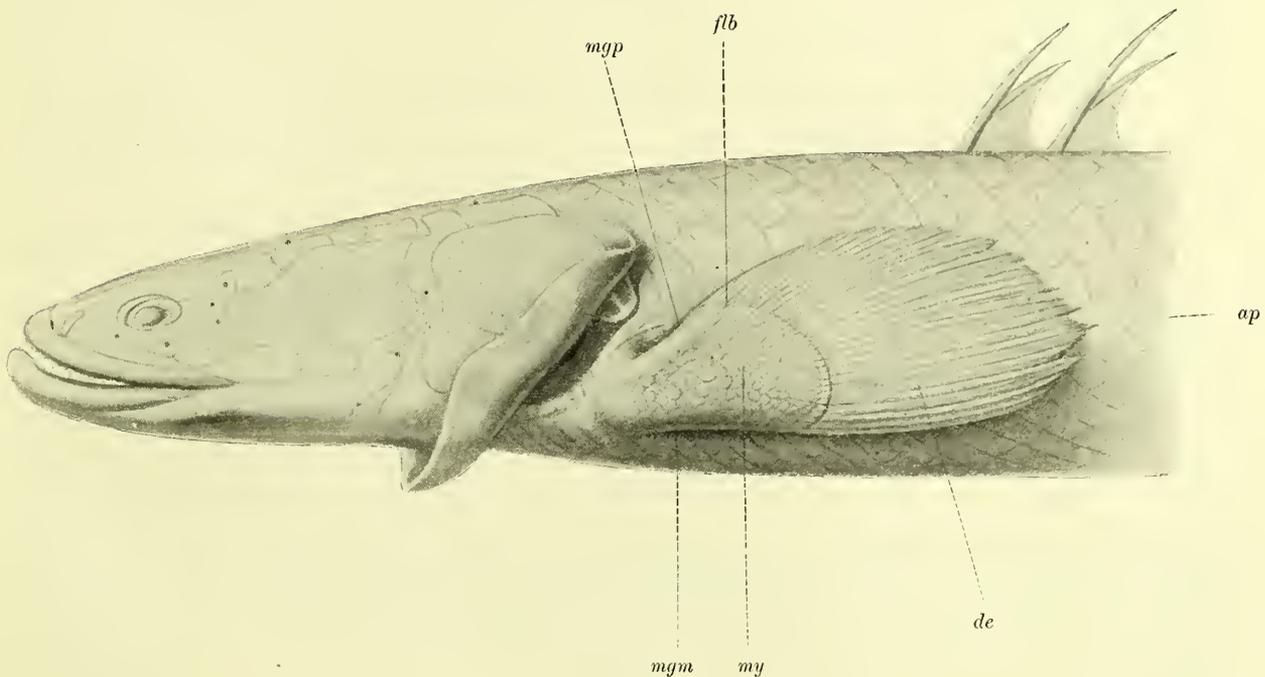


Fig. 3.

Seitliche Ansicht des Vordertheiles eines 50 cm langen *Polypterus*. Etwas verkleinert.

Der Dermaltheil (*de*) besitzt eine etwas grössere Länge als der Myxaltheil (*my*). Die Ränder beider Theile gehen kontinuierlich in einander über und bilden nicht, wie bei *Calamoichthys* einen Winkel mit einander.

Die distal sich gabelnden Strahlen des Deralskelets sind in viel grösserer Zahl vorhanden, als bei *Calamoichthys*. Am Myxaltheil sind Stiel und Platte nicht deutlich von einander gesondert. Ersterer hebt sich in einer annähernd senkrecht zur Körperlängsaxe, jedoch etwas schräg cranioventral absteigenden Linie vom Körper ab. Seine laterale Fläche ist stark gewölbt, so dass ihre Begrenzung auf dem Querschnitt sich konvex darstellen würde, während die mediale Fläche plan erscheint. Distal plattet sich die Flosse mehr ab und nimmt in dorsoventraler Rich-

tung schnell an Breite zu. Auch hier ist ein dorsaler und ventraler Rand deutlich ausgeprägt, von denen der erstere an Länge beträchtlich hinter dem letzteren zurücksteht. Beide Ränder verlaufen fast ganz gerade; sie zeigen nur ganz geringe Ausbuchtungen, welche die ganze Längsaxe des betreffenden Randes einnehmen.

Dorsaler und ventraler Rand divergiren stärker als bei Calamoichthys, sie bilden mit einander einen Winkel von nahezu 45° .

Bemerkenswerth ist die Verlaufsrichtung der Flossenbogenlinie. Dieselbe zieht bei Polypterus in der Ruhelage der Flosse vom dorsalen Rand zuerst caudal, dann biegt sie, zuerst allmählich, dann schärfer ventral um und erreicht in cranialer Richtung den Ventralrand. Ihre Krümmung ist keine einheitliche, lässt sich nicht auf einen Kreisbogen beziehen. Wir können dieselbe dadurch charakterisiren, dass wir die ganze Linie in zwei Abschnitte zerlegen, einen grösseren dorsalen und einen kleineren ventralen. Beide gehören verschiedenen Kreisbögen an, der dorsale einem solchen von grösserem und zwar etwa doppelt so grossem Radius als der ventrale.

Auf Textfigur 4 ist diese Zerlegung der Flossenbogenlinie in schematischer Weise angedeutet. Da erkennt man, dass die Mittelpunkte der beiden konstruirten

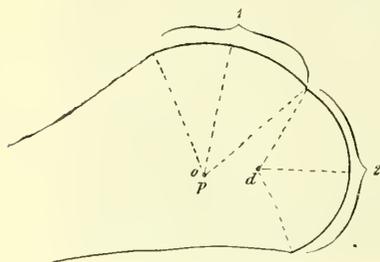


Fig. 4.

Schema der Flossenbogenlinie des Polypterus. Zerlegung der Linie in die Theile zweier Kreise, eines grossen 1 mit Centrum p , und eines kleinen 2 mit Centrum d .

Kreise (1 u. 2) in die Flossenplatte zu liegen kommen und zwar in die Nähe des ventralen Randes. Hier folgen sie einander so, dass der Mittelpunkt des dorsalen Kreises (p) mehr proximal, der des ventralen mehr distal (d) gelegen ist. Diese Betrachtung der Flossenbogenlinie ist freilich insofern etwas schematisch, als es sich nicht um reine Kreisbögen, sondern wohl eher um Theile von Ellipsen handeln dürfte; aber das Charakteristische des ganzen Verhaltens kommt deutlich zur Geltung, das schärfere Umbiegen gegen den ventralen Rand zu, und damit ergibt sich eine Konfiguration, deren Bedeutung durch spätere Betrachtungen sich herausstellen wird.

Fassen wir sämmtliche über die äussere Form des Crossopterygium ermittelten Thatsachen zusammen, so gelangen wir zu folgendem Ergebniss:

Das Crossopterygium stellt eine plattenförmige Extremität dar, welche mit einem verschmälerten Stiel in einer annähernd dorsoventral verlaufenden Ursprungslinie sich vom Körper abhebt. Ihre beiden Absehnitte, Myaltheil und Dermaltheil werden durch eine äusserst charakteristisch gekrümmte Flossenbogenlinie von einander geschieden. Dorsaler und ventraler Rand des Myaltheils, von denen der erstere der längere ist, laufen anfangs einander nahezu parallel, später divergiren sie stärker. Auch zeigen diese Ränder anfangs Einziehungen, welche sich später ausgleichen.

Wenn eine Flossenspitze ausgeprägt ist, so findet sie sich dem ventralen Rand genähert. In der Ruhelage unterscheiden wir eine laterale und eine mediale Fläche, von denen die letztere dem Rumpfe flach anliegt.

Die ganze Konfiguration des Crossopterygiums ist in Jugendzuständen eine schlankere, weniger plumpe als später.

Bei der grossen Uebereinstimmung zwischen den beiden Crossopterygiern genügt es, wenn wir die verschiedenen Stellungen, welche die Flosse zum Körper einnehmen kann und die verschiedenen Möglichkeiten der Bewegungen, welche die Flosse auszuführen vermag, an den gröbern und mehr übersichtlichen Verhältnissen des Polypterus prüfen.

Hierbei wollen wir nur einige Hauptpunkte herausgreifen, die sich für die späteren vergleichenden Betrachtungen als wichtig erweisen.

Die Bewegungen der Flosse können wir in zwei Gruppen unterbringen, je nachdem durch dieselben Theile der Flosse zu einander ihre Stellung ändern, oder die Flosse im Ganzen zum Rumpf in eine andere Lage gebracht wird.

Beginnen wir mit den letzteren, so müssen wir die Art des Gelenkes berücksichtigen, durch welches die freie Extremität dem Schultergürtel angefügt ist. Dies ist bekanntlich ein ziemlich freies Gelenk, welches wohl den Namen einer Arthradie verdient, wobei der Gelenkkopf vom Knorpel des primären Schultergürtels, die demselben nicht kongruente Pfanne von Theilen der Extremität geliefert wird. (Textfigur 10, Taf. IV.)

Hieraus ergibt sich eine grosse Freiheit der Flosse bezüglich ihrer Exkursionen, und diese können wir unter folgende Rubriken bringen.

1. Bewegungen um eine transversale Axe. Dieselben werden sich in einem Heben und Senken der Flossenränder äussern; sie sind nicht sehr ergiebig. Ich will sie als *Levation* und *Depression* unterscheiden. Bei der *Levation* wird der Dorsalrand dem Kopfe genähert, bei der *Depression* davon entfernt.

2. Bewegungen um eine dorsoventrale Axe. Hierbei verharren die Ränder im gleichen Niveau; die mediale Fläche wird vom Körper entfernt, oder ihm genähert. Die Ausdrücke *Abduktion* und *Adduktion* dürften dies treffend wiedergeben. Eine *Abduktion* ist bis zu einem rechten Winkel möglich.

3. Bewegungen um die Flossenlängsaxe. Wie schon betont, liegt die letztere, soweit eine Flossenspitze sie andeutet, dem ventralen Rand genähert. Dies bestätigt sich auch bei der Bewegung. Offenbar handelt es sich hier um Rotationen, bei welchen bald der dorsale, bald der ventrale Rand lateralwärts gebracht wird. In Analogie mit den Drehbewegungen an der Extremität höherer Wirbelthiere dürfen wir vielleicht die Extreme dieser Rotationen als *Pronation* und *Supination* bezeichnen. Das Einwärtsrollen der ganzen Extremität wird den dorsalen Rand nach

aussen bringen, die mediale Fläche dorsal und die laterale Fläche ventral stellen*). Diese Pronationslage ist auf Textfigur 5 wiedergegeben. — Sie zeigt das Extrem dieser Bewegung an, wobei die Flosse senkrecht zur Körperoberfläche gestellt ist.

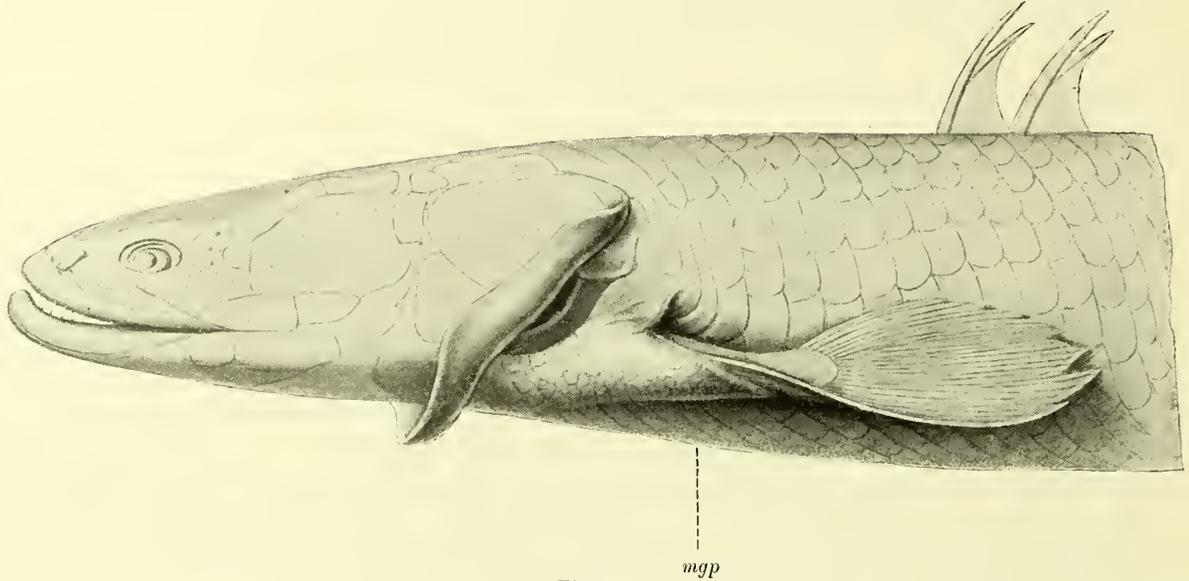


Fig. 5.

Seitliche Ansicht der Vorderfläche des Polypterus, Flosse in „Schwimmstellung“.

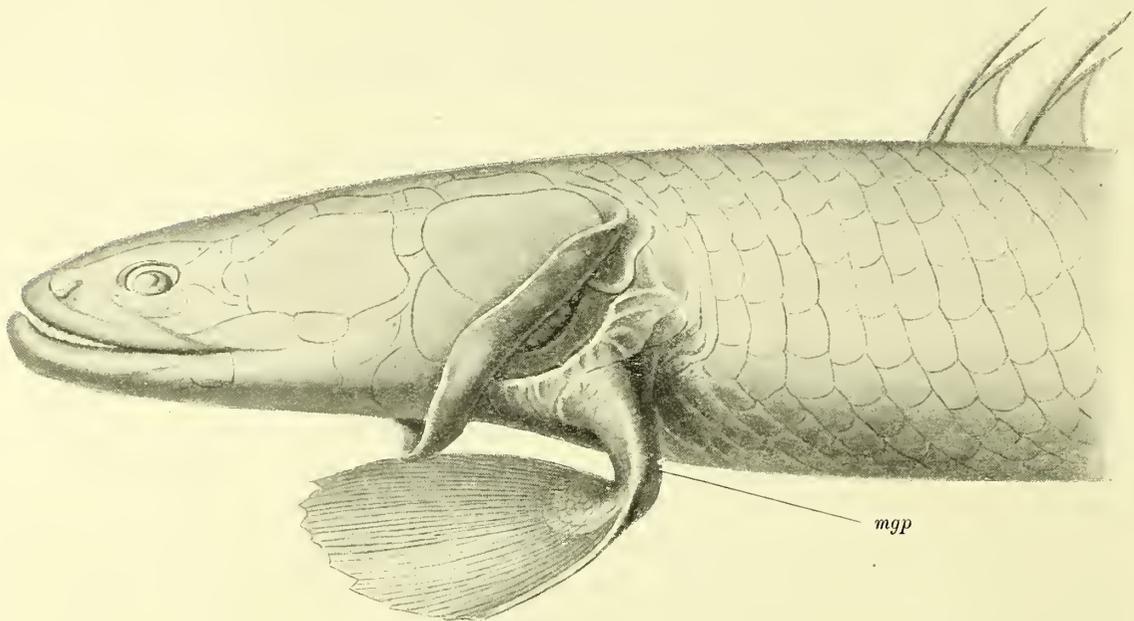


Fig. 6.

Seitliche Ansicht der Vordertheile des Polypterus, Flosse in „Stützstellung“.

*) POLLARD hält die laterale Fläche für die eigentliche ventrale und die medial für die „true dorsal surface“, geht also von einer Pronationsstellung als der ursprünglichen aus.

Die andere Art der Bewegung, die Supination ist nicht in demselben Maasse ausführbar, sie wird dies nur in Verbindung mit der Abduktion.

Manche Bewegungen können sich miteinander kombiniren; die drei angeführten Haupttaxen sind nicht die einzigen. So kann die Pronation mit Abduktion einhergehen, oder es können Depression, Abduktion und Pronation den Flossenstiel annähernd senkrecht (Textfigur 6) zur Körperlängsaxe stellen.

Die andere Art der Bewegungen, durch welche Theile der Flosse selbst ihre Stellung zu einander ändern, ergibt zwei Möglichkeiten. Diese Verlagerungen können annähernd parallel zur Längsaxe sich vollziehen, oder annähernd senkrecht dazu.

Den ersten dieser beiden Lokomotionsmodi werden wir uns als eine vom einen Rand der Flosse zum andern fortschreitende Wellenbewegung zu denken haben, wie ja dies wohl bei andern Fischflossen sich ebenfalls findet; interessanter ist für uns die Thatsache, dass Abknickungen von Theilen innerhalb der Flosse senkrecht zur Axe ausführbar sind. Die Bezeichnungswiese derselben macht einige Schwierigkeiten, doch dürfte die Benennung als Flexion und Extension keine Unklarheiten mit sich bringen. Bei diesen Bewegungen kann vor allem der distale Abschnitt des Myaltheils in Winkelstellung zum übrigen gebracht werden. Dies ist besonders in der Extensionsrichtung (Textfigur 6) ausführbar.

Von allen diesen Stellungen der Flosse möchte ich zwei als besonders wichtig herausgreifen, die auf den Textfiguren 5 und 6 ihre Darstellung gefunden haben.

Die eine derselben, die ausgesprochene Pronation, möchte ich als „Schwimmstellung“ im engeren Sinne bezeichnen. Die andere, welche rein passiv dadurch erzeugt wird, dass man die Flossenplatte auf eine Unterlage bringt, nenne ich die Stützstellung. Bei der letzteren bildet der ursprünglich dorsale Rand, der nunmehr lateral gekehrt ist, mit seinem proximalen Ende eine schwache rundliche, caudal konvexe Krümmung, während weiter distal im Bereich des Myal- und Dermaltheiles eine zweite, schärfere Knickungsstelle sich findet. Wesshalb ich auf diese beiden Stellungen besonderes Gewicht lege, wird sich aus dem Späteren ergeben.

B. Skelet.

Das Brustflossenskelet der Crossopterygier ist in allen Hauptpunkten durch GEGENBAUR'S Untersuchungen genau bekannt geworden. Einige Ergänzungen erfüllen seine Angaben durch POLLARD und PARKER, während EMERY bei der morphologischen Verwerthung des Objectes für dieses selbst keine neuen Thatsachen beibringt. — Ferner findet sich bei HOWES eine Abbildung des Objectes.

GEGENBAUR hat sich zweimal mit dem vorliegenden Gegenstande beschäftigt. Seine Untersuchungen über die Brustflosse der Fische bringen die erste, gute Schilderung und Abbildung des Skelets der Polypterusbrustflosse. Indem er dieselbe mit dem entsprechenden Organ der Selaehier in Parallele setzte, bezeichnete er die

Hauptskeletstücke des Crossopterygiums als Pro-, Meso- und Metapterygium. Pro- und Metapterygium stellen längliche, wie Röhrenknochen gestaltete Stücke mit knorpeligen Epiphysen und knöchernem Mittelstück dar. Das kürzere Propterygium liegt dorsal, das längere Metapterygium ventral (cf. GEGENBAUR 1865, Taf. VIII Fig. 6). Das Mesopterygium wird durch eine dreieckige Knorpelplatte repräsentirt, in welcher sich eine platte rundlich, begrenzte Ossifikation findet. „Der breite Rand“ des Mesopterygiums trägt 16 Radian, die nur an den Enden knorpelig sind und sich ähnlich den Radiengliedern der Rochen gestaltet zeigen. Am distalen Ende dieser Reihe von Radiengliedern folgt eine Reihe von kleinen Knorpelchen, welche zahlreicher sind als die Glieder der ersten Reihe, somit wenigstens theilweise nach der Erscheinung der Dichotomie beurtheilt werden müssen. Diese zweite Reihe wird vom sekundären Flossenskelet bedeckt und ist den früheren Untersuchern entgangen. Am Propterygium folgt auf das Basale nur ein einziges längeres Knorpelstück und ebenso verhält sich das Metapterygium (pag. 148). Das Mesopterygium ist von der Verbindung mit dem Schultergürtel ausgeschlossen.

In einer späteren Arbeit (1894) hat GEGENBAUR mit der geänderten Auffassung der morphologischen Bedeutung auch die Bezeichnung der drei Hauptstücke modifizirt. Er erblickt in der Mittelplatte den Stamm des Archipterygiums, Pro- und Metapterygium stellt er mit den Radian zusammen und nennt sie „Marginalia“. Im Uebrigen bringt diese neuere Publikation auch einige thatsächliche Ergänzungen der früheren Schilderung, sowie eine solche nebst Abbildung vom Brustflossenskelet des Calamoichthys.

Im Ganzen findet GEGENBAUR den Zustand von Calamoichthys mit dem von Polypterus übereinstimmend, nur ist die Zahl der Radian geringer.

Die einzigen früheren Angaben über Calamoichthys rührten von PARKER her, dem EMERY die betreffende Abbildung entlehnt hat.

PARKER nennt die drei Hauptstücke präbrachiale, die „Radian“ (GEGENBAUR) postbrachiale Strahlen. Die auf pag. 16 Fig. 1c gegebene Abbildung ist in manchen Punkten äusserst unvollkommen und mit den Thatsachen nicht harmonirend; so fällt ein in natura gar nicht existirender Abstand zwischen den Hauptstücken und den Strahlen auf. Andererseits ist auf dieser Abbildung einiges von GEGENBAUR'S Schilderung recht abweichend wiedergegeben, — Punkte, in welchen PARKER in der That zum Theil ganz gut beobachtet hat, wenn auch die Wiedergabe dieser Wahrnehmungen nicht befriedigen kann. Die beiden präbrachialen Randstrahlen sollen mit einander an ihrer Verbindungsstelle mit dem Schultergürtel konfluiren, während GEGENBAUR sie als vollständig von einander gesondert darstellt. Ferner ist sehr auffallend der kontinuierliche Zusammenhang der distalen, knorpeligen Epiphyse des ersten präbrachialen Strahles (GEGENBAUR'S Propterygium) mit der Mittelplatte. Während diesen Angaben etwas Richtiges zu Grunde liegt, stellt der angebliche Anschluss des Metapterygiums vom Schultergürtel (— wenigstens auf der Figur sichtbar, im Text nicht weiter erörtert —) einen Irrthum dar.

Ueber *Polypterus* finde ich in der Litteratur nur noch einiges bei WIEDERSHEIM, POLLARD und HOWES. Ersterer giebt eine im Ganzen zutreffende Abbildung. Auffallend an derselben ist, dass der eine Strahl als distal gegabelt dargestellt ist, eine Angabe, die sich in ähnlicher Weise bei POLLARD wiederholt. Zwischen Propterygium und die Strahlen lässt WIEDERSHEIM eine schmale Knorpelpartie des Mesopterygium sich einschieben. Im Mesopterygium sind mehrere Durchbrechungen („Nervenlöcher“) angegeben. Dem Propterygium sitzt im distalen Drittel ein kleines knorpeliges Skeletstück aussen an, welches früheren Beobachtern entgangen war. Auch POLLARD macht auf dasselbe aufmerksam.

Dasselbe Skeletstück findet sich auch auf der Abbildung, welche HOWES (Taf. III Fig. 11) gegeben hat. Was letztere betrifft, so stimmt sie mit denen der Vorgänger im Allgemeinen überein. Als postaxiale Strahlen fasst HOWES das Metapterygium und einen ihm benachbarten Strahl auf, welcher nach der Figur sich durch seine Grösse und mehr proximale Lage von den anderen unterscheiden würde. Die den Marginalien distal aufsitzenden Knorpel sind sehr richtig wiedergegeben. Am Mesopterygium fällt einiges mit Rücksicht auf die jugendliche Beschaffenheit des Objektes auf, das mit meinen Wahrnehmungen nicht ganz übereinstimmt.

Aus dieser Litteraturübersicht ergibt sich das Postulat einer erneuten, etwas mehr eingehenden Schilderung des crossopterygialen Skelets. Indem wir hierbei zunächst völlig von vergleichenden Betrachtungen absehen, wollen wir rein deskriptiv die Thatsachen feststellen und die Unterschiede meiner Wahrnehmungen von denen meiner Vorgänger betonen.

Was nun zunächst die Nomenklatur anbelangt, so schliesse ich mich in diesem Punkte an GEGENBAUR an. Neue Bezeichnungen für die einzelnen Hauptstücke hat er nicht eingeführt, abgesehen von dem Namen „Marginalia“, mit welchem er in passender Weise Pro- und Metapterygium zusammenfasst, eine Bezeichnung, die ich acceptiren möchte. Im Uebrigen aber werde ich die alten Termini, Pro-, Meso- und Metapterygium fortführen, obwohl ich ebensowenig wie GEGENBAUR dieselben den gleichbenannten Theilen der Selachierflosse für homolog erachte. Lieber würde ich für die letztere eine Aenderung der Nomenklatur wünschen, als dass diese Bezeichnungsweise dem Crossopterygium entzogen würde.

Für die Strahlen, welche dem Mesopterygium ansitzen, möchte ich eine andere Bezeichnungsweise einführen, und zwar scheint mir die von EMERY gebrauchte der „Activalia“ recht geeignet zu sein.

Auf die Theile des Dermal skelets gehe ich nicht ein, wie überhaupt nur die für Späteres wichtigen Punkte ausführlich behandelt werden sollen. Aus diesem Grunde möchte ich hier den Schultergürtel nur ganz beiläufig berühren. Ich verweise bezüglich der Auffassung desselben auf GEGENBAUR's Arbeit über *Clavicula* und *Cleithrum*.

Seiner Auffassung und Nomenklatur mich anschliessend, bezeichne ich den paarigen, der Medianlinie sich anschliessenden, schuppenartigen Knochen als *Clavicula* (*Clav.*) und die darunter liegende, dem primären Schultergürtel angehörende

Ossifikation als *Cleithrum (Clei.)**. Es kommt aber bei *Polypterus*, wie GEGENBAUR betont, noch eine zweite Ossifikation am Gürtel vor. Dieselbe liegt dem Gelenkkopf (*Gl*) genähert und nimmt auch jene medial vom Gelenke stark vorspringende Knorpelplatte ein, welche von einem Nerven- und Gefässkanal durchsetzt ist. Ich möchte diesen Theil als die Coraeoidplatte und die dieselbe durchsetzende Durchbrechung als Foramen coraeoidem (*For. Co.*) bezeichnen. Man mag diese Bezeichnung als eine provisorische hinnehmen. (Textfiguren 7 und 8.)

Für die freie Extremität interessirt uns besonders der Gelenkkopf (*Gl*) des Schultergürtels, welcher bei beiden *Crossopterygiern* als rein knorpelige Bildung persistirt (Taf. IV). Stets findet sich dieselbe unmittelbar lateral vom Foramen coraeoideum. Beim jüngeren *Polypterus* ist er weniger prominirend, als bei dem ältern. In dieser stärkeren Ausbildung tritt er auch schon bei dem *Cal. A* auf**).

Wir wenden uns nun zur Betrachtung der einzelnen Theile der freien Extremität.

Mesopterygium (*Msö*).

Taf. I, Fig. 1, 2, 3, 4; Taf. II, Fig. 9, 10; Taf. IV, Fig. 14, 15, 16;
Textfigur 7, 8, 10, 11.

Das Mesopterygium stellt eine ziemlich dünne Knorpelplatte von dreieckiger Umgrenzung dar. Es fügt sich zwischen die beiden Marginalia ein, ohne je den Schultergürtel zu erreichen und trägt an seinem distalen Rande den grössten Theil den Actinalia.

Wir können somit unterscheiden: eine *Superficies lateralis* und *medialis*, drei Ränder und ebensoviele Winkel.

Die drei Ränder wollen wir bezeichnen als *Margo actinalis*, *pro-* und *mesopterygialis*. Entsprechend der verschiedenen Länge der Marginalia ist der *Margo propterygialis* kürzer als die beiden anderen.

Das Mesopterygium nimmt mit dem Wachsthum der Flosse nicht nur absolut, sondern auch relativ an Grösse zu, was besonders bei *Polypterus* sich deutlich ausprägt. Die Knorpelplatte dehnt sich dabei nach allen Richtungen hin aus. Während bei dem jüngeren *Polypterus* die beiden Marginalia proximal eine Strecke mit einander parallel gestellt sind (Textfigur 7), drängt bei *Pol. B* die Mesopterygialplatte die beiden Randstücke weiter auseinander; auch wölbt sie die Marginalia etwas vor sich

*) Was das Episternum betrifft, so glaube ich, dass man das Homologon desselben bei *Polypterus* in jener unpaaren kleinen Schuppe zu suchen hat, welche sich caudal in den Winkel der Clavicularsymphyse einfügt. Die Schuppe ist nicht grösser als die benachbarte, aber dies ist ja bei der typischen Lagerung (man vergl. GEGENBAUR, Figur 4 von *Metopias*, pag. 9) gleichgültig.

**) Durch die Buchstaben *A, B, C* hinter den Namen *Polypterus* und *Calamoichthys* sollen fortan die verschiedenen Altersstufen der betreffenden Thiere ausgedrückt werden.

her, sodass, wie namentlich bei Calamoichthys deutlich ist, die betreffenden Ränder aus der geraden Verlaufsrichtung in eine konvexe übergehen (Taf. I, IV, Textfig. 8).

Auch distal drängt sich die Platte allmählich stärker vor. Ihr Margo actinalis ist mit zahlreichen, für die einzelnen Actinalien bestimmten Incisuren versehen. Bei Pol. *A* ist er nur mässig distal konvex gekrümmt, bei Pol. *B* tritt dies schon deutlicher hervor. Dieselbe Aufeinanderfolge der Erscheinungen prägt sich bei Calamoichthys aus, wie eine Vergleichung von Fig. 1 und 2 auf Taf. I lehrt. Der am meisten distal prominirende Punkt des betreffenden Randes findet sich immer in viel grösserer Nähe des meta- als des propterygialen Randes.

Die Vergrösserung der Platte führt zu einer nicht unbeträchtlichen distalen Verschiebung des Margo actinalis längs der Marginalia. Die Fig. 1 und 2, Taf. I, und die Textfiguren 7 und 8 zeigen uns gut aneinander schliessende Stadien dieser Verlagerung.

Als Ausgangspunkt muss das jüngere Stadium von Polypterus dienen (Textfigur 7), in welchem die Marginalia relativ am weitesten distal über die Knorpelplatte hinausragen. Namentlich zwischen Metapterygium und Mesopterygium besteht eine tiefe Bucht, in welcher ein Actinale mit seinem proximalen Ende gelagert ist. Weiter vorgedrängt hat sich der distale Rand des Mesopterygium auf Textfig. 8 bei Pol. *B*.

Dieselben Stadien wiederholen sich bei Calamoichthys. Vom jüngsten, Cal. *A*, ist auf dem Flachschnitt (Textfigur 11) die betreffende Gegend des Meso- und Propterygium dargestellt, und hier erkennt man die erwähnte Bucht leicht. Auf dem älteren Stadium Tafel I Fig. 1 ist sie fast ganz ausgeglichen (cf. auch Taf. IV, Fig. 16), und dieser Befund, sowie in noch höherem Maasse der auf Fig. 2 wiedergegebene gehen weit über den bei Polypterus sich findenden Zustand hinaus. In diesem Punkte also offenbart sich Polypterus als die primitivere, Calamoichthys als die weiter entwickelte Form, und dieses Verhältniss tritt uns auch in anderen Punkten des Flossenskelets*) entgegen.

Man hätte vielleicht erwarten können, Spuren einer Erscheinung zu finden, welche auf eine einstmalige weiter proximal sich erstreckende Ausdehnung des Mesopterygiums zu beziehen wäre. Ist es doch, wie ich mit GEGENBAUR annehme, höchst wahrscheinlich, dass einstmals das Mesopterygium mit dem Schultergürtel in direkter Verbindung stand und erst sekundär durch die Marginalia davon ausgeschlossen wurde. Aber, wie schon betont, in der knorpeligen Materie finden wir keine Zeichen einer solchen Rekapitulation theoretisch zu postulirender Vorfahren-Zustände. Im Gegentheil, das jüngere Stadium der Polypterus namentlich, zeigt einen Befund, den man nach dem allgemeinen Gang der Ereignisse als den späteren hätte erwarten sollen. Dächten wir uns im Stadium Pol. *A* die Mesopterygialplatte proximal in der dargestellten Weise ausgebildet, distal aber bereits in den später hier sich entfaltenden

*) Auch bezüglich der Wirbelsäule findet sich die gleiche Beziehung zwischen Calamoichthys und Polypterus. (GOEPPERT.)

Dimensionen gegeben, so würden wir zu einer Verschiebung der ganzen Platte in distaler Richtung gelangen, die wir als ein Herausgleiten zwischen den Marginalien bezeichnen müssten und die wir uns leicht in mehr extremer Weise fortgesetzt denken könnten.

Wenn auch nicht durch Knorpel, so bleibt doch durch Bindegewebe eine Erinnerung an die Beziehungen des Mesopterygium zum Schultergürtel gewahrt. Die Knorpelplatte wird von einer bindegewebigen Haut bedeckt, welche sich auch in schmalen Streifen zwischen die Ränder derselben und der benachbarten Stücke einschleibt. Sie steht ferner mit der Muskulatur in Beziehung und in ihr entsteht eine Ossifikation, auf die wir sogleich näher eingehen werden. Diese Haut nun ist namentlich auf der medialen Seite der Platte stärker entfaltet und lässt hier einen stärkeren Strang hervorgehen, welcher sich in die mediale Partie der Gelenkkapsel des Schultergelenkes fortsetzt und mit dieser den Schultergürtel an der Innenseite des Gelenkkopfes erreicht. Diese als eine besondere Bandmasse imponirende Bildung ist für den Ursprung der medialen Muskelmasse von grosser Bedeutung (Taf. III, Fig. 13, Taf. II, Fig. 10). Ich möchte sie als das Ligamentum zonomesopterygiale (*Lig. z. Ms.*) bezeichnen und ihr Auftreten durch die frühere Beziehung des Mesopterygium zum Schultergürtel erklären. Man könnte in dem Bande vielleicht den reduzierten Stiel der Knorpelplatte erblicken.

Das Mesopterygium lagert zwar in gleichmässiger Weise den beiden Marginalien an, aber es zeigt zum Propterygium gewisse Beziehungen, die wir hier rein deskriptiv behandeln wollen.

Bei *Polypterus* erscheint das Mesopterygium immer vom Propterygium gesondert, in gleicher Weise, wie dies bezüglich des Metapterygiums sich bei den *Crossopterygiern* findet. Auch konnte ich niemals jene Knorpelmasse des Mesopterygiums nachweisen, welche nach WIEDERSHEIM'S Beschreibung sich zwischen Propterygium und Aetinalia einschleiben soll.

Bei *Calamoiechthys* hängt aber in gewissen, früheren Stadien das Mesopterygium mit der distalen, knorpeligen Epiphyse des Propterygiums innig zusammen. (Taf. I, Fig. 1, 3, Taf. IV, Fig. 14, Textfig. 9.)

An der Richtigkeit der Betrachtung, die allerdings mehr beiläufig und unklar schon durch PARKER gemacht worden ist, kann kein Zweifel bestehen:

An zwei Exemplaren des *Calamoiechthys*, nämlich *A* und *B*, habe ich diese Verbindung konstatiert und zwar sowohl an Flächenbildern als auch auf Schnitten.

Betrachten wir zunächst das Flächenbild Fig. 1 auf Taf. I, welches dem *Cal. B* entspricht. Sofort fällt das verschiedene Verhalten der distalen Epiphysen von Pro- und Metapterygium auf. Bezüglich der völligen Sonderung des letzteren besteht keine Unklarheit, aber am Propterygium geht die Knorpelmasse des distalen Endes kontinuierlich in die des Mesopterygiums über. Dennoch sind einige Spuren einer Sonderung nicht zu verkennen. Ein kleiner Einschnitt am aktinalen Rande könnte in diesem Sinne gedeutet werden, zumal derselbe mit einer eigenthümlichen Anordnung der Knorpelzellen an der kritischen Stelle in Beziehung steht.

Wenden wir eine stärkere Vergrößerung an, so werden wir (Fig. 3, Taf. I) in der Annahme der Continuität dieser Theile nur bestärkt. Man sieht hier auf dem optischen Durchschnitt die dünne Knochenhülle des Propterygiums bei *kn*. Der äussere Theil derselben ist in einem stumpfen Winkel gegen den rein knorpeligen, actinalen Rand abgeknickt. Der gegenüberliegende Theil der Knochenhülle schmiegt sich dem Knorpel des Mesopterygiums innig an und schneidet, allmählich distal auslaufend, in eine Knorpelmasse ein, welche einerseits mit dem Mesopterygium, andererseits mit der Füllmasse des Propterygiums in Zusammenhang steht.

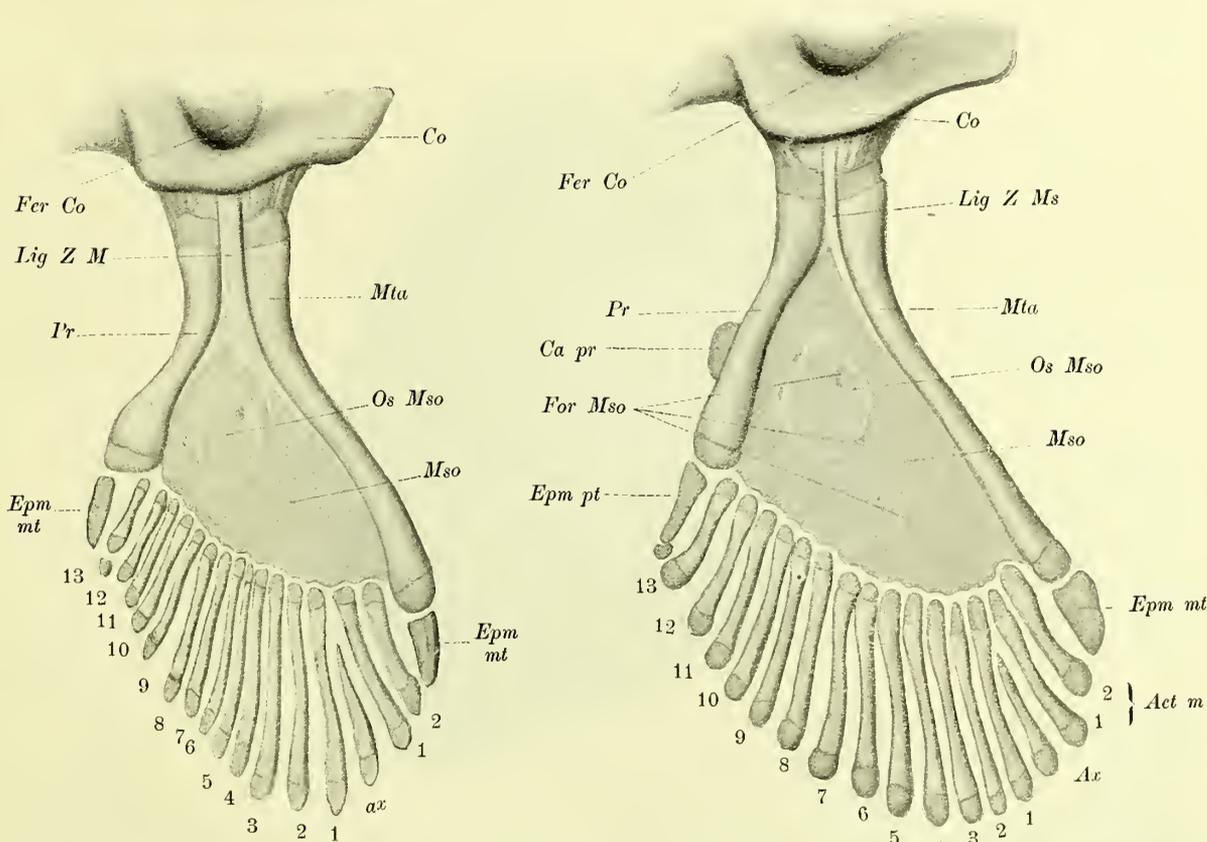


Fig. 7.

Fig. 8.

Flossenskelet von *Polypterus* (Skelet der linken Brustflosse) von mir gesehen. Fig. 7 von einem jüngeren, Fig. 8 von einem älteren Thier. Alle Bezeichnungen wie auf den Tafeln. Vergr.: 2 : 1.

Ueber die Anordnung der Knorpelzellen an der kritischen Stelle können nur Schnitte volle Klarheit verschaffen und ein solcher ist auf Textfig. 9 vor dem *Cal. A* wiedergegeben worden.

Im Innern des Propterygiums findet sich der Knorpel noch völlig intakt; wir sehen hier Knorpelzellgruppen ohne bestimmte Anordnung. Dasselbe zeigt sich an den etwas entfernter gelegenen Partien des Mesopterygiums. Dazwischen aber treten andere Verhältnisse auf: Zwischen den distalen Enden der propterygialen

Knochenhülse bilden die Knorpelzellen Reihen, wobei die ovalen Elemente annähernd senkrecht zur Oberfläche des Skeletstückes gestellt sind. Weiter distal gehen die Zellen in bogenförmige Reihen über. Eine derselben ist besonders deutlich und würde der distalen Verlängerung der Knochenhülse entsprechen. Wenn irgendwo, so müsste hier die Trennungslinie verlaufen — aber es findet sich keine Spur derselben.

Dennoch halte ich die durch die Anordnung der Knorpelzellen sich markierende Besonderheit dieser Stelle für wichtig, denn an ihr findet sich in der That, auf dem älteren Stadium (Fig. 2, Taf. I, Fig. 15, Taf. IV) von Cal. C eine überaus deutliche Trennungslinie. Textfig. 9, Fig. 3, Fig. 2, Fig. 15 geben verschiedene Phasen dieses Sonderungsprozesses wieder.

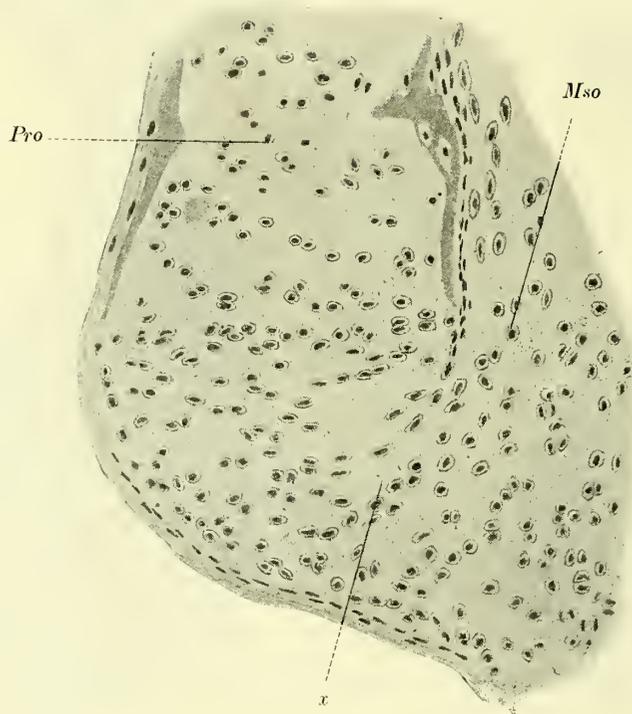


Fig. 9.

Calamoichthys 12 cm. Flachschnitt durch die distale Epiphyse, des Propterygium, welche mit dem Mesopterygium kontinuierlich zusammenhängt. Bezeichnungen wie auf den Tafeln.

Die Frage, wie diese merkwürdige Beziehung zwischen Meso- und Propterygium zu erklären und in welchem Sinne zu deuten sei, wollen wir weiter unten in diesem Kapitel betrachten.

Die allmähliche Grössenzunahme des Mesopterygiums hängt mit der Ausbildung der auch von den früheren Untersuchern beschriebenen Ossifikation zusammen (*Os. Mso.* Taf. I, Fig. 1, 2, Taf. IV, Fig. 14, 15, 16, Textfig. 7, 8).

An dem jüngsten Cal. A konnte ich noch keine Spur davon entdecken (Fig. 14) an Cal. B hat schon GEGENBAUR ihr Auftreten wahrgenommen. Er spricht auf pag. 124 von der nur eine Ossifikation im Beginne zeigenden, mittleren Knorpelplatte des

Polypterus, „die bei Calamoichthys ohne Verknöcherung erscheint“. „Ich glaube aber doch eine Andeutung davon in einer ausserordentlich dünnen sklerosirten Schicht, welche der Knochenkörperchen entbehrt, beobachtet zu haben“. Diese ganz richtige Wahrnehmung wird durch das folgende Stadium Cal. *C* (Taf. I, Fig. 2) über jeden Zweifel erhoben. Hier tritt die Ossifikation als eine ovale Platte im proximalen Bereich des Mesopterygiums und in lokaler Beziehung zu zwei, die Platte durchsetzenden Oeffnungen auf. Der Knorpel ist bereits innerhalb der Grenzen dieser Knochenplatte theilweise zerstört, und seine Elemente reagiren an der Peripherie dieser Platte durch lebhaftes Wachsthum auf die eingetretene Veränderung. An Stelle des Knorpels findet sich eine Masse von Fettzellen (Fig. 16).

Wir werden die erwähnten Foramina Mesopterygii (*For. Mso.*) als die Stellen zu betrachten haben, wo die Knochenbildung zuerst festen Fuss fasst. Von hier aus dehnt sie sich auf beiden Flächen des Mesopterygium in radiärer Richtung gleichmässig aus. Daher kommt es, dass diese Knochenplatte auf beiden Flächen stets dasselbe Bild darbietet. So begegnet sie uns bei Polypterus wieder, wo aber eins der Löcher in ihren Bereich fällt, ein anderes dem distalen Rande genähert liegt. (Textfigur 8.) Auf dem Stadium Pol. *B* ist ein doppelter Umriss an dem Os mesopterygii sichtbar. Dies rührt daher, dass der innere Umriss die Ausdehnung bezeichnet, in welcher der Knorpel zerstört wurde, während der äussere den Rand der dünnen, sich über die Knorpelmasse fortschiebenden Knochenplatte andeutet.

Solcher Foramina Mesopterygii finden sich immer drei bis vier, welche letztere Zahl an den mikroskopischen Objekten des Calamoichthys sich leicht nachweisen lässt. WIEDERSHEIM nennt sie Nervenlöcher; ich möchte aber die Richtigkeit dieser Auffassung sehr bezweifeln. Nach Untersuchung zweier Flachschnittserien von Cal. *A* und *C* halte ich sie für die Durchtrittsstellen von Blutgefässen. Von einer Durchbohrung des Mesopterygiums durch Nerven konnte ich auch makroskopisch nichts nachweisen.

Diese Löcher besitzen zum grössten Theil eine ganz charakteristische Anordnung. Sie liegen in einer Reihe, welche in schräger Richtung annähernd gerade auf den am weitesten distal vorragenden Theil des actinalen Randes hinführt. So wird eine, dem Metapterygium annähernd parallele, aber distal von ihm, in schräger Richtung abweichende Linie beschrieben, deren Bedeutung uns noch mehrfach beschäftigen wird. Obwohl sie zum Mesopterygium gehört, können wir sie doch erst nach Kenntnissnahme der Actinalia betrachten.

Das Mesopterygium besteht anfangs und später überall dort, wo es keine Modifikationen durch Knochenbildung erleidet, aus typischem hyalinen Knorpel (Taf. IV Fig. 14) und zwar in einer vollständig gleichmässigen Weise in der ganzen Ausdehnung der Platte. Trotz dieser Homogenität prägen sich doch durch die Anordnung der Knorpelzellen lokale Besonderheiten aus. Gegen die Peripherie zu stehen die Knorpelzellen mit ihren Längsdurchmessern der Oberfläche parallel. Weiter nach innen lassen sie vielfach cirkuläre Anordnung um gewisse Punkte erkennen. Eine solche tritt schon bei Cal. *A* im Bereiche der späteren Ossifikation auf. Aber auch weiter distal begegnen

uns solche Andeutungen von Centren, ohne dass sich ein sicheres Bild regelmässiger Anordnung oder von Beziehungen zu benachbarten Skelettheilen finden liesse.

Diese, zum Theil ja nur in Andeutungen auftretenden Erscheinungen, sind insofern von Bedeutung, als sie auf eine Sonderung der Knorpelplatte hinweisen. Eine solche könnte auch in dem Vorhandensein der Gefässlöcher selbst erblickt werden.

Auch makroskopisch fallen bei *Polypterus* geringe Unregelmässigkeiten der Knorpelplatte auf, doch nicht in der Anordnung und Deutlichkeit, wie sie POLLARD auf seiner Fig. 9 abbildet. Hier soll der distale Theil des Mesopterygium, entsprechend den Actinalien, in einer zum Rande senkrechten Richtung zerlegt erscheinen, — superficial indications of a former division of the apparently homogeneous part of the cartilage. —

Ob diese Sonderung des Mesopterygiums in der That, wie POLLARD meint, auf das Hervorgehen dieses Skelettheils aus mehreren diskreten Abschnitten hinweist, oder ob sie nicht vielmehr als die erste Andeutung eines beginnenden Zerlegungsprozesses der einheitlichen Knorpelmasse in einzelne Stücke aufzufassen ist — dies lässt sich aus dem Objekt heraus nicht entscheiden. Nur eine allgemeine Betrachtung des ganzen Flossenskelets kann hierüber Aufklärung verschaffen.

Marginalia, Propterygium (*Pr*) und Metapterygium (*Mta*).

Taf. I, Fig. 1—4; Taf. II, Fig. 9, 10; Taf. IV, Fig. 14—17; Textfigur 7, 8, 9, 10, 11.

Wie aus den Angaben der früheren Untersucher bereits hervorgeht, stellen die beiden Randstücke des Crossopterygium längliche Skeletstücke dar, welche an die embryonalen Zustände der Röhrenknochen höherer Wirbelthiere erinnern. In den jüngsten Stadien (Cal. *A* und *B*) werden sie in ihrer ganzen Länge von hyalinem Knorpel gebildet, welcher von einer dünnen Knochenhülle umschlossen ist (Fig. 14, Textfig. 9, 11). Diese lässt nur die Enden frei, welche wir als proximale und distale, knorpelige Epiphyse von der mit Knochenbildung versehenen Diaphyse sondern wollen.

Die knöcherne Manchette ist bei Cal. *A* noch sehr dünn. Sie liegt dem Knorpel aussen derartig auf, dass derselbe an ihrer Grenze keine stärkere Volumensänderung erfährt. Auch noch bei Cal. *B* (Taf. I, Fig. 2) ist dies zu erkennen. Die Knochenhülle ist von vorneherein in der Mitte des ganzen Skeletstückes am dicksten und läuft von da aus in proximaler und distaler Richtung allmählich aus, zuerst ganz verschmälert, dann in späteren Stadien bis zum Rande der Manchette (Fig. 1 u. 2) eine gewisse Dicke beibehaltend. Damit geht auch eine bedeutende Dickenzunahme in der Mitte Hand in Hand (Fig. 2, 15).

Der Knorpel im Innern macht mit der Zunahme der Knochenhülle ähnliche Veränderungen durch, wie sie von den entsprechenden embryonalen Vorgängen der höheren Wirbelthiere her bekannt sind. An den Enden der Manchette nehmen die Zellen eine zur Oberfläche derselben senkrechte Anordnung an, während sie im Innern

sich bedeutend vergrössern und so die bekannte blasige Veränderung eingehen, welche als Vorläufer des lokalen Knorpelschwundes sich allgemein wahrnehmen lässt. Das Stadium des letzteren ist aber selbst bei dem ältesten Cal. *C* noch nicht erreicht; wohl aber besteht es, nach dem makroskopischen Bild zu urtheilen, bei Pol. *B*. Die weiteren histologischen Veränderungen dieser Theile habe ich nicht verfolgt.

Was den Bau der Knochenhülse betrifft, so finden sich schon bei Cal. *A* Knochenkörperchen in der Grundsubstanz, jedoch in geringer Zahl; auch späterhin treten sie nicht sehr zahlreich auf. Die Knochensubstanz selbst zeigt Andeutungen einer Struktur in Streifungen, die vielfach etwas unregelmässig, doch im Ganzen auf eine der Längsrichtung und ferner der darauf senkrechten Richtung entsprechende Differenzirung hinweisen.

Die Form der Marginalia erfährt bei diesen Entwicklungsgängen Veränderungen; soweit sich hierin für beide Gemeinsames ausprägt, soll es hier hervorgehoben werden.

Im Ganzen haben wir es mit stabförmigen Skeletstücken zu thun, doch sind dieselben insofern nicht ganz gleichmässig gestaltet, als Abweichungen von der reinen Cylinderform sehr deutlich hervortreten. Namentlich in den Jugendzuständen erscheinen die Marginalia sehr stark in einer zu den Flossenflächen senkrechten Richtung abgeplattet, besonders in der Mitte der Skeletstücke. Bei *Polypterus* lässt sich dies makroskopisch leicht feststellen. In Stadium Pol. *A* ist der Breitendurchmesser der Marginalia wohl doppelt so gross, als derjenige der Dicke. Diese Differenz gleicht sich später etwas aus und zwar in höherem Maasse für das Meta- als für das Propterygium.

Dass auch für *Calamoichthys* diese ursprünglich sehr flache Form der Knochen Geltung hat, ergibt sich aus der Rekonstruktion eines Plattenmodells vom Flossenskelet des jüngsten Stadiums Cal. *A*, während später auch hier mehr cylindrische Formen sich ausprägen. —

Die proximalen Epiphysen zeigen von vorneherein eine von den distalen verschiedene Gestaltung. Während die letzteren gleichmässig gewölbte, rundliche Vorsprünge darstellen, sind die ersteren in Anpassung an den Schultergürtelgelenkkopf (*Gl*) pfannenartig ausgehöhlt (Fig. 1, 2, 3, 14, 15, 16, 17, Textfig. 10). Bei *Calamoichthys* verbreitern sich diese proximalen Epiphysen allmählich bedeutender als bei *Polypterus*.

Wir kommen nun zu den Besonderheiten der beiden Marginalien.

Das dorsale Stück, das Propterygium ist allgemein viel kürzer als das ventrale — das Metapterygium. Bezüglich der einzelnen Maasse kann ich auf die Tabellen pag. 282 verweisen. Diese drücken in Zahlen gewisse Thatsachen aus, die sich auch schon dem blossen Anblicke der Objekte offenbaren. Das durchschnittliche Verhältniss beider Marginalia zu einander ist 100 : 142; doch bestehen im Einzelnen nicht unwichtige Verschiedenheiten desselben. Grösser ist die Differenz bei *Polypterus* (durchschnittlich 100 : 150) als bei *Calamoichthys* (durchschnittlich 100 : 134). In den Jugendstadien ist ebenfalls der Unterschied grösser als in den älteren. Es prägt sich

also eine Entwicklungsrichtung in dem Sinne aus, dass die anfangs bestehende, beträchtliche Differenz allmählich etwas ausgeglichen wird.

Calamoichthys.

	Exemplar A.	Exemplar B.	Exemplar C.
	12 cm	18 cm	25 cm
Länge des Myaltheils	2,0	3,2	4,0
Länge des Propterygium	1,1	1,7	2,2
Länge des Metapterygium	1,6	2,4	2,7
Länge des Mesopterygium	1,2	2,2	2,5
Grösste Breite des Mesopterygium	1,2	1,7	2,4
Grösste Länge der Actinalien	0,4	0,7	1,0

Alle Maasse in Millimetern.

Polypterus.

	Exemplar A.	Exemplar B.
Länge des Myaltheils	2,5	3,2
Länge der Propterygium	1,0	1,4
Länge der Metapterygium	1,7	2,3
Länge der Mesopterygium	1,0	1,5
Grösste Breite des Mesopterygium	1,1	1,5
Grösste Länge der Actinalien	0,9	1,3

Alle Maasse in Centimetern.

Polypterus nimmt hierin wieder den niederen Zustand ein, während Calamoichthys die späteren Stadien eines Prozesses vorführt, dessen Endstadium durch einen annähernden Ausgleich in der Länge gegeben sein würde.

Die Marginalia sind keine ganz gerade gestreckten Skeletstücke; sie zeigen Krümmungen zwiefacher Art: einmal solche, welche in der Ebene der Flosse gelegen sind, und zweitens senkrecht dazu gerichtete. Die letzteren sind unbedeutender Art. Am besten finde ich sie bei Pol. B ausgeprägt, als Biegungen mit einer medialen Richtung der Konkavität. Auch aus der Rekonstruktion des Cal. A ist Gleiches zu ersehen.

Die anderen Krümmungen sind bedeutender und zwar mehr bei Polypterus als bei Calamoichthys ausgeprägt. Gelegentlich des Mesopterygiums habe ich auf den Einfluss hingewiesen, welchen das Wachstum des letzteren auf diese Krümmungen ausübt. Bei starker Ausprägung beschreiben diese Krümmungen eine S-Form (Textfig. 7 und 8) mit proximal konkaver, distal konvexer und randwärts gelegener Biegung.

Die Marginalia gehen Beziehungen ein, theils zu einander, theils zu benachbarten Theilen, und diese beanspruchen ein grosses Interesse.

Auf den Anschluss des Propterygiums an das Mesopterygium bin ich beim letzteren ausführlich eingegangen. Wenn auch die Entscheidung der Frage, ob wir es hier mit einer sekundären oder einer primären Erscheinung zu thun haben, nur unter Berücksichtigung der allgemeinen Verhältnisse der Phylogenese des Crossopterygiums gesehen kann, so wollen wir hier doch diejenigen Punkte hervorheben, welche rein thatsächlicher Natur, den Objekten entnommen, die Antwort beeinflussen dürften.

Da ist vor allem die Thatsache wichtig, dass bei *Polypterus* die Trennung deutlich ist. Freilich könnte ein Jugendstadium hier noch anderes kennen lehren. Dann aber scheint mir die in so vielen Punkten sich aussprechende Parallele zwischen den beiden Marginalia nur in dem Sinne gedeutet werden zu können, dass wir es hier mit homodynamen Bildungen zu thun haben, und dass die selbst bei der innigsten Vereinigung bestehenden Andeutungen einer Abgrenzung zwischen Pro- und Mesopterygium als der Rest einer früher bestehenden und allmählich wieder sich deutlich ausprägenden Sonderung aufgefasst werden müssen. Wenn das Propterygium jedoch nicht dem Metapterygium gleichgesetzt werden sollte, so dürfte es vielleicht mit dem Mesopterygium in genetischen Konnex gebracht werden. Dass in diesem Sinne die Thatsachen, speziell die in Rede stehende Verschmelzung gedeutet werden müsste, scheint mir nicht geboten. Hier werden unsere weiteren allgemeinen Betrachtungen anzuknüpfen haben.

Am proximalen Theile liefern die beiden Marginalia gemeinsam die Gelenkpfanne für den Kopf des Schultergürtels.

Die einfacheren Verhältnisse bietet hierin *Polypterus* dar, während bei *Calamoichthys* uns in dieser Gegend wenigstens in gewissen Stadien nicht unwichtige Komplikationen entgegentreten.

Bei *Polypterus* stossen die beiden Marginalien mit den einander zugekehrten, planen Flächen eng an einander und liefern so eine ovale, mässig vertiefte Gelenkpfanne. Mitten über dem Grund derselben verläuft eine gerade hellere Linie, die Grenze der beiden, die Pfanne bildenden Komponenten bezeichnend. Der Knorpelrand der Pfanne ist überall gleich stark angehoben und geht in die Gelenkkapsel über, deren mediale Verstärkung bereits beschrieben wurde. Von aussen betrachtet sind die beiden Marginalien sehr innig zusammengefügt, ihre Epiphysen bilden scheinbar eine Einheit — nur durch die Grenzlinie wird die Sonderung angedeutet*). Diese innige Beziehung der beiden Marginalien prägt sich bei *Polypterus* schon im jüngeren Stadium sehr deutlich aus; stehen doch hier die beiden Skeletstücke eine Strecke weit einander parallel (Textfig. 7). Erst später werden sie durch die Ausdehnung des Mesopterygiums hier zu stärkerer Divergenz gebracht (Textfig. 8).

Gehen wir von der — später noch genauer zu prüfenden Annahme aus, dass die Verbindung der Marginalia im Bereiche des Schultergelenkes eine erst allmählich

*) Howes bildet den proximalen Theil der Marginalia anders ab, als ich ihn gefunden, indem er das Mesopterygium ganz weit zwischen dieselben sich einschieben lässt.

nach Verdrängung des Mesopterygiums sich anbahnende Erscheinung sei —, so haben wir in dem engen Anschluss der proximalen Marginalia-Epiphyse einen Prozess zu erblicken, welcher in die Verbindung von Extremität und Schultergürtel etwas Neues einführt, ein vermittelndes Glied, welches aus der Vereinigung von Pro- und Metapterygium sich heranbildet. In diesem Sinne zu deutende, wenn auch im Thatsächlichen etwas von *Polypterus* differirende Erscheinungen treten uns bei *Calamoichthys* entgegen (Fig. 3, 17, 18, Textfig. 10).

Da es sich um Dinge handelt, denen ich eine hohe Bedeutung beimesse, ist ein näheres Eingehen erforderlich. Die proximalen Epiphysen der Marginalien liefern auch bei *Calamoichthys* die Gelenkpfanne, aber sie zeigen in dieser Betheiligung Verschiedenheiten, welche die laterale und mediale Flossenfläche betreffen. Dies ist bisher niemals bemerkt worden, höchstens vielleicht von PARKER, dessen Darstellung jedoch nicht genügt.

Das Flächenbild, welches (Taf. I Fig. 1 und 3) diese Verhältnisse erläutert, wurde durch die Schnittserie geprüft, welcher die Textfigur 10 entnommen ist. Auch das Plattenmodell gab über dies Verhalten instructive Aufschlüsse.

Auf der lateralen Seite liegen die Marginalia einander nicht sehr nahe. Hier schiebt sich reichliches Bindegewebe ein, und das Flächenbild erweckt den Eindruck, dass hier die beiden Skeletstücke gar nicht mit einander zusammenhängen.

Ganz anders bei der Betrachtung von der medialen Seite: Hier bekommt man bei Einstellung auf die Oberfläche eine einheitliche Knorpelmasse zu Gesicht.

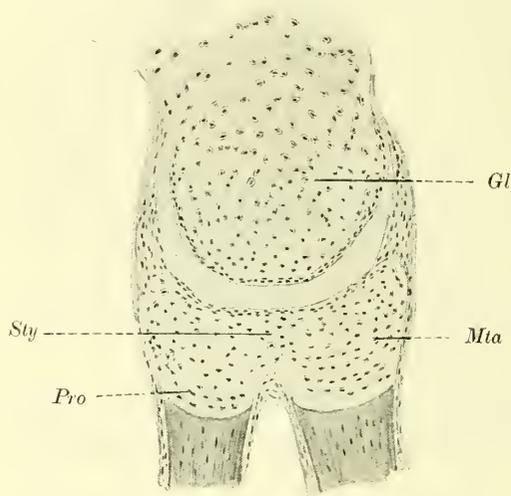


Fig. 10.

Calamoichthys 12 cm. Flachschnitt durch den Proc. styloides, welcher durch den Zusammenfluss der proximalen Epiphysen der Marginalien gebildet wird. Schwache Vergr. Bezeichnungen wie auf den Tafeln.

(Fig. 3.) Wollte man dem Flächenbild nicht trauen, so brauchte man nur die Schnittserie zu Rathe zu ziehen. Von 23 Schnitten, welche die Pfanne getroffen haben, zeigen acht eine vollständige Kontinuität zwischen den beiden Marginalien. Figur 18 Tafel V zeigt, wie die Knorpelzellen sich in gleichmässiger Weise von dem einen Ende zum anderen hinübererstrecken, ohne in der Mitte etwa eine besondere Anordnung zu zeigen. Es kann somit an der Kontinuität kein Zweifel bestehen. Sie wurde von mir zuerst an den Schnitten bemerkt und erst dann am Flächenbilde aufgefunden, wo sie mir bis dahin entgangen war. Das Rekonstruktionsbild der Schnittserie liefert ein völlig mit dem Flächenbild Fig. 3 Taf. I übereinstimmendes Resultat. Wir lernen dabei Einzelheiten über diese den Marginalien gemeinsame Bildung kennen — die wir fortan als den *Processus styloides marginalium* bezeichnen wollen (*Sty*).

Dieser Fortsatz stellt eine scharfkantige Leiste dar, welche eine distale Incisur gleichsam überbrückt (Fig. 3). Wir können an dem Fortsatz eine mediale und eine laterale Fläche, sowie einen freien Rand unterscheiden.

Die mediale Fläche ist schwach gewölbt von der einen Seite zur anderen hinüber; die laterale ist ausgehöhlt und bildet den hinteren Theil der Pfanne. Der freie Rand zieht vom Metapterygium in sehräg absteigend distaler Richtung zum Propterygium hinüber, sich an beiden Skeletstücken in eine auf eine spitze Vorrangung auslaufende Kante fortsetzend. Diese Anordnung ist keine beiläufige, da sie sich an zwei Objekten (Cal. *A* und *B*) vollständig in gleicher Weise darstellt.

Aus diesem Zustand bildet sich später bei Calamoichthys durch näheren Anschluss der Marginalia auch auf der lateralen Fläche und durch sekundäre Abgliederung von einander ein dem Polypterus ähnlicher Zustand heraus. Wenn auch diese gemeinsame Knorpelmasse bei den Crossopterygiern keine dauernde Bedeutung erlangt, so muss doch die Thatsache als solche sehr bedeutungsvoll erscheinen, dass aus der Vereinigung der beiden Marginalien hier ein neues Verbindungsglied zwischen Extremität und Schultergürtel hervorgeht.

Dasselbe schiebt sich auf der medialen Seite des Gelenkkopfes an den Schultergürtel heran. Damit wird ein von distalen Theilen her in proximaler Richtung sich vorschiebender Knorpeltheil geliefert, welcher sich in eine, eben vom Gelenkkopf lateral überragte Vertiefung des Schultergürtels einbettet.

Dieses neue Glied des Extremitätenskelets bildet sich auf der medialen Seite aus. Es könnte dies vielleicht mit dem Vorhandensein des Lig. zonomesopterygiale in Zusammenhang gebracht werden, oder auch mehr allgemein mit den gerade diese Partie des Schultergelenks auszeichnenden, alten Beziehungen.

Wie dem auch sei, jedenfalls haben wir eine Bildung vor uns, von der man sich leicht denken kann, dass sie bei geänderten mechanischen Verhältnissen eine hohe Bedeutung für die Verbindung von Extremität und Schultergürtel gewinnen könnte. Wir brauchen nur vorzustellen, dass der Gelenkkopf des Schultergürtels eine Verkleinerung erführe, so würde der Processus styloides den natürlichen Stützpunkt der freien Extremität darstellen und als eine Art von Gelenkkopf, der diesmal aber von der Extremität sich ableitete, in eine vom Schultergürtel gelieferte Vertiefung einragen. Dass unter solchen Umständen diese ganze einheitliche Knorpelpartie auch eine grössere Selbstständigkeit erlangen und den übrigen Theil der Marginalia ebenso aus der Verbindung mit dem Schultergürtel verdrängen könnte, wie diese einst das Mesopterygium verdrängt haben, ist keine sehr weit abseits liegende Konsequenz.

Wir müssen hier die Betrachtung eines kleinen Skeletstückes anreihen, über dessen morphologische Bedeutung ich keinen Aufschluss habe gewinnen können. Ich meine jenes kleine, zuerst von WIEDERSHEIM, dann von POLLARD beschriebene, auch

von HOWES abgebildete Knorpelchen, welches dem distalen Drittel des Propterygium anssen ansitzt.

Was zunächst seine Verbreitung betrifft, so halte ich es für eine typische, beiden Crossopterygiern stets zukommende Bildung. Der Nachweis desselben kann freilich oft Schwierigkeiten bereiten, namentlich bei jüngeren Stadien, da es, wenn man nicht besonders darauf achtet, leicht bei makroskopischer Präparation beseitigt wird. Dies ist jedenfalls der Grund, wesshalb es auf dem Stadium Pol. *A* nicht zu finden war. Auf Textfigur 8 von Pol. *B* ist es deutlich sichtbar (*Capr.*). Dass es auch bei Calamoichthys trotz mancher negativen Befunde dennoch existiert, ersehe ich aus zwei Schnittserien von Cal. *A* und *C*, wo es auf Schnitten in ganz typischer Weise an der gleichen Stelle, wie bei Polypterus sich findet (Fig. 16, Taf IV).

Es handelt sich um ein rundliches bis ovales Knorpelkörperchen, welches, ohne eine Spur von Verknöcherung zu zeigen, in die Insertionssehne einer hier das Propterygium erreichenden Muskelmasse eingebettet ist (Fig. 9), und zugleich einer distal ziehenden schmalen Muskelpartie als Ursprung dient. Ueber seine Herkunft bin ich ganz im Unklaren, und da ich auch keinen Anhaltspunkt dafür gewinnen kann, dass es eine wichtigere Rolle in höheren Zuständen spielt, so will ich einstweilen dieser *Cartilago parapropygialis*, wie ich sie nennen möchte, keine weitere Beachtung schenken.

Actinalia.

Taf. I, Fig. 1, 2; Taf. IV, Fig. 14, 15, 16; Textfigur 7, 8, 11, 12.

Die kleinen, bisher als „Raden“ bezeichneten Skeletstücke, welche dem distalen Rande des Mesopterygiums aufsitzen, sind von den früheren Untersuchern nicht bis in Einzelheiten hinein geprüft worden. Bei einer solchen genaueren Betrachtung ergeben sich manche interessante Punkte, die für die Auffassung des Flossenskelets im Ganzen von Bedeutung sind, es ergeben sich aber auch manche Schwierigkeiten, welche das Zustandekommen des fertigen Zustandes betreffen. Zu ihrer vollständigen Beseitigung hätte es eines viel reicheren, namentlich ontogenetischen Materiales bedurft, als es mir zur Verfügung gestanden hat. Man darf daher keine erschöpfende Behandlung des Gegenstandes erwarten. Ich muss mich begnügen, Fragen aufzuwerfen und die Punkte anzudeuten, wo eventuell neue Untersuchungen einzusetzen haben. Der hieraus entspringende Mangel ist jedoch für unseren vorliegenden Zweck, soweit ich es wenigstens übersehen kann, nicht von allzu grosser Bedeutung, da für die vergleichenden Betrachtungen eine genügende thatsächliche Basis auch hier geschaffen werden kann.

Die Actinalia stellen längliche, ursprünglich ganz von Knorpel gebildete Skeletstücke dar, welche in ihrer ganzen Form und in der Art ihrer Verknöcherung ausserordentlich an die Marginalien erinnern, worauf GEGENBAUR bereits mit Nachdruck hingewiesen hat.

Die Knochenbildung beginnt an der Diaphyse und liefert wieder die typische Knochenhülse, die Epiphysen vollständig freilassend. Letztere behalten auch in dem am weitesten vorgeschrittenen Zustande ihre ursprüngliche Beschaffenheit bei, während in der Diaphyse die zur Bildung des primären Markraumes führenden Veränderungen auftreten, die jedoch auch bei dem ältesten Calamoichthys auf der gleichen Stufe, wie bei den Marginalien verharren.

Durch diese Knochenbildung gewinnen die Actinalien die längliche, an die Röhrenknochen erinnernde Form. So treten sie uns bei beiden Crossopterygiern als schmale, cylindrische Stücke entgegen, welche in der Mitte den geringsten Dickenmesser besitzen, an den Epiphysen aber beträchtlich anschwellen. Im Einzelnen ergaben sich manche Verschiedenheiten, die nicht unabhängig von den Volumensverhältnissen betrachtet werden können.

Als relativ sehr kurze und plumpe Stücke treten sie uns bei Calamoichthys entgegen (Taf. I Fig. 1, 2). Die Tabelle giebt über die grösste Länge derselben Auskunft und zeigt, was ja auch der Augenschein bestätigt, dass Polypterus relativ sehr viel längere Actinalia aufweist. Dieselben sind hier viel graciler gebaut. Vor allem das Mittelstück bringt dies zum Ausdruck, aber auch die Epiphysen sind schmaler, namentlich die distalen. Dies hängt freilich zum Theil auch mit einer gewissen Raumbeschränkung zusammen, die bei Polypterus im Unterschied von Calamoichthys sich zeigt.

Die Epiphysen sind bei Calamoichthys oft auffallend in die Breite gezogen — namentlich die distalen.

Die Cylinder der Actinalien sind ebensowenig wie die der Marginalien regelmässig geformt. Sie besitzen alle eine beträchtliche Abplattung, welche mit der flächenhaften Ausbreitung des Flosse korrespondirt.

Auch treten leichte Krümmungen an ihnen hervor, weniger bei Calamoichthys, mehr bei Polypterus. Auch unvollständige Actinalia kommen vor. Auf Textfigur 7 und 8 sind solche sichtbar. Sie bestehen nur aus der distalen Epiphyse und einem Theil des Mittelstücks. Weiter unten werden wir uns mit dieser Eigenthümlichkeit abzufinden suchen.

WIEDERSHEIM bildet ein distal, etwa in der Mitte sich theilendes Actinale von Polypterus ab. Ich habe derartige im erwachsenen Zustand nicht bemerkt, doch könnten ontogenetische Thatsachen die WIEDERSHEIM'sche Angabe bekräftigen. Dennoch möchte ich ihre Richtigkeit bezweifeln. Denn gerade an der Stelle, wo das getheilte Actinale abgebildet ist — (POLLARD hat übrigens den Befund in seine Figur mit übernommen), finde ich das unvollständige Actinale, bei zwei Exemplaren. Ich halte es für sehr möglich, dass diese Unregelmässigkeit WIEDERSHEIM irreführt hat; denn gerade an solchen Objekten, wie er sie abbildet, muss ich das Vorkommen gegabelter Actinalia als ganz unwahrscheinlich erklären.

Die Actinalia sind von einander verschieden. Ihre Grösse ist ungleich, auch Form und Krümmungen wechseln. Die schönsten, längsten Stücke werden gegen die metapterygiale Seite zu angetroffen, die kleinsten nach den Rändern zu.

Den Abschluss der Actinalien-Reihe formiren zwei stets ganz knorpelig bleibende Skeletstücke, welche mit den Actinalien nichts zu thun haben und daher weiter unten gesondert zu betrachten sind. Es sind die von mir als Epimarginalia bezeichneten Gebilde.

Die Zahl der Actinalia ist eine beträchtliche, an meinen Objekten bis zu 15 ansteigende. Bevor wir aber auf diese eingehen, wollen wir versuchen, die Anordnung der scheinbar ohne bestimmtes Gesetz an einander gereihten Stücke zu ergründen. In dieser Hinsicht ist mir manches aufgefallen, worauf die früheren Untersucher nicht geachtet haben.

Betrachtet man den actinalen Rand des Mesopterygiums genauer, so zeigt sich ein Punkt desselben als am meisten distal vorspringend. Es ist jener Punkt, auf den uns die Anordnung der mesopterygialen Löcher hinwies und den wir bereits oben als dem Metapterygium näher gelegen bezeichneten. Dieser Punkt zeigt eine bestimmte Beziehung zur Anordnung der Actinalia. In seine Verlängerung fällt das unvollständige Actinale des Polypterus, welches ich an zwei recht verschieden weit entwickelten Exemplaren nachweisen konnte. Man wird dadurch auf die Vermuthung gebracht, dass hier etwas Besonderes vorliegt und wird angeregt, danach zu suchen, ob die Actinalia vielleicht die betreffende Stelle als eine für ihre Anordnung wichtige darthun. Dies ist in der That der Fall; denn von hier aus weisen die Actinalia nach den Rändern hin eine verschiedene Richtung auf. Sie lassen sich in zwei natürliche Gruppen zerlegen, von denen die eine gegen den propterygialen, die andere gegen den metapterygialen Rand zu gelegen ist. Beiden gemeinsam ist, dass die Actinalia mit ihrer Längsaxe annähernd senkrecht zum distalen Mesopterygium-Rand stehen; da dieser Rand ein schräger ist, so stehen auch die Actinalien schräg. Die propterygialen stehen dem Propterygium, die metapterygialen dem Metapterygium annähernd parallel, die ersten schauen mit ihren distalen Epiphysen in dorsaler, die letzteren in ventraler Richtung. Damit offenbart sich die schon durch mehrfache Besonderheiten ausgezeichnete Linie als eine Axe (Ax), und nach ihrer Stellung zu derselben können wir dorsale und ventrale Strahlen unterscheiden (Fig. 1, 2, Textfig. 7 und 8). Nur von dem einen gerade in die Axe fallenden muss es zweifelhaft bleiben, welcher Gruppe wir ihn zurechnen sollen. Wir wollen die beiden Gruppen als die der Proactinalia (*Act. p.*) und Metactinalia (*Act. m.*) unterscheiden. Wäre der Flosse die horizontale Stellung als Ruhelage eigen, so könnte man wohl von medialen und lateralen Strahlen sprechen. Bei Calamoichthys ist die Axe des Crossopterygiums nicht so deutlich ausgeprägt wie bei Polypterus, doch werden uns hier ontogenetische Punkte auf dieselbe führen.

Die beiden Gruppen sind von einander verschieden an Zahl, im Uebrigen in ihren Merkmalen übereinstimmend.

Die Proactinalia sind stets viel zahlreicher als die Metactinalia. Für Pol. *A* und *B* finde ich trotz der Altersverschiedenheit für beide konstante Zahlen — nämlich 13 für die Pro-, zwei für die Metactinalia. Bei Cal. *B* zähle ich acht Pro-, zwei Metactinalia. Bei Cal. *C* stellen sich die Zahlen auf 11 und 2. Cal. *A* zeigt

hierin noch unentwickelte Verhältnisse, die wiederum in anderer Hinsicht recht interessant sind.

Auffallend ist bei diesen Zahlen die geringe Entfaltung der Proactinalia und ferner die Konstanz ihrer Zahl gegenüber den sich stärker mehrenden Metactinalien. Bei *Polypterus* scheint aber auch für diese eine Periode des Stillstandes einzutreten.

Wir kommen zu der am Anfang berührten schwierigen Frage: Wie vermehren sich die Actinalia? Ihr müsste eine andere vorangestellt werden: Wie entwickeln sie sich? Aber auf diese kann natürlich bei unseren Objekten eine bestimmte Antwort nicht gegeben werden, weder für die Actinalia, noch für die anderen Theile des Flossenskelets. Wir können es nur als wahrscheinlich hinstellen, dass in Analogie mit anderen Flossenbildungen die ersten Actinalien sich als Fortsätze der Mesopterygialplatte entwickeln werden, wie das MOLLIER für die Selachier gezeigt hat und nach SEMON'S Befunden für *Ceratodus* wahrscheinlich ist. Ob aber dieser für die ersten supponirte Modus auch für die später sich entwickelnden Geltung hat, dies ist mir nach den Befunden an den jüngsten Calamoichthys sehr zweifelhaft geworden.

Meine Wahrnehmungen an diesem werthvollen Objekte decken auffallende Facta auf und lassen es sehr bedauern, dass nicht noch jüngere Stadien zur Untersuchung herangezogen werden können.

Wie die Untersuchung der Flächenschnittserie lehrt, ist eine grössere Zahl von Actinalien bereits vollständig entwickelt, theils als Knorpel, theils bereits mit einer ganz dünnen Knochenhülse im Bereich der Diaphyse versehen. Dies gilt vor allem von den mehr aussen gelegenen Proactinalien. Gegen die Axe zu jedoch zeigen sich sehr eigenthümliche Befunde. Hier fällt auf einigen Schnitten ein Knorpelstreif auf, welcher in einiger Entfernung vom actinalen Rand des Mesopterygium diesem annähernd parallel verläuft (Fig. 14). Durch genaueres Studium der einzelnen Schnitte und Projektion der Schnittbilder auf einander erkennt man, um was es sich handelt. (Textfigur 9.)

Dieser Knorpelstreif entspricht distalen Epiphysen von Proactinalien und gehört einer grösseren Anzahl von solchen zu. Gegen die metaactinale Region hin hört er mit scharfem Rande auf, hängt also mit einer ähnlichen, dort gelagerten Bildung nicht zusammen. Von dieser gemeinsamen Knorpelmasse aus erstrecken sich gegen das Mesopterygium zu längliche Fortsätze, welche zum Theil bereits eine dünne Knochenhülse zeigen. An einer anderen Stelle hat man den Eindruck, dass die

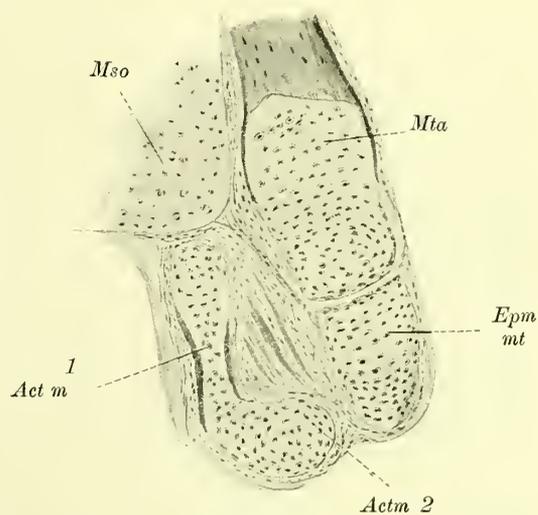


Fig. 11.

Calamoichthys 12 cm. Flächenschnitt durch den distalen Theil des Metapterygium, das Epimarginale metapterygiale und das Metaactinale. Schwache Vergrößerung. Bezeichnung wie auf den Tafeln.

Knorpelmasse eine Einkerbung von der distalen Seite her erfahren hat. So ergeben sich Bilder unvollkommen von einander gesonderter Actinalien, zum Theil höchst unregelmässiger Art, die ich als Stadien der Neubildung solcher Skeletstücke aufzufassen geneigt bin.

Instruktiver sind die Verhältnisse der Metactinalia. Für das eine derselben kann eine vollständige Reihe von Befunden aufgestellt werden, welche die sekundäre Hervorbildung eines Actinale aus einem anderen ziemlich unzweideutig dokumentiren.

Wir gehen aus von Cal. A. Hier ist nur ein Metactinale vorhanden, dasselbe hat jedoch eine ganz merkwürdige Gestalt (Textfigur 12). Während es proximal das gewöhnliche Verhalten darbietet, läuft es distal in einen breiten Knorpelstreifen aus, welcher sich gegen das Epimarginale metapterygiale hin erstreckt. Die Anordnung der Knorpelzellen in diesem Auswuchs ist eine konzentrische und weist demselben bereits eine gewisse Sonderung zu. Eine solche ist auch äusserlich durchgeführt bei Cal. B (Fig. 1), wo man das Metactinale II als selbstständigen, längeren Knorpel sich zwischen Metactinale I und Cartilago metapterygialis gegen das Mesopterygium zu sich erstrecken sieht. Eine Ossifikation, wie bei den übrigen endlich, ist auf Stad. Cal. C

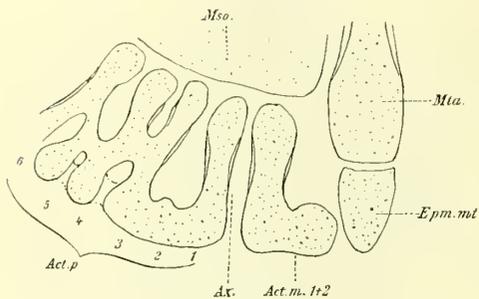


Fig. 12.

Aus 7 Schnitte konstruirtes Kombinationsbild von Actinalien des Cal. A. Bezeichnungen wie auf den Tafeln. Schwache Vergrösserung.

eingetreten, und damit sind die fertigen Zustände angebahnt (Fig. 3, Fig. 16.). Es erfolgt also die Vermehrung nach dem Rande hin und damit prägt sich die Axenlinie in einer neuen Bedeutung aus (s. u.)

Was die Verbindungsweise der Actinalien mit dem Mesopterygium betrifft, so wird sich dieselbe zwar anfangs je nach dem Entstehungsmodus des betreffenden Actinale verschieden gestalten — einmal wird Synchondrose, das andere Mal Syndesmose das Erste sein — schliesslich aber finden wir überall die Ausbildung kleiner Gelenkhöhlen, deren Sonderung an den Schnitten von Cal. A sich gut verfolgen lässt. Damit bilden sich am distalen Mesopterygiumrand die kleinen Incisuren aus, welche in ihrer Tiefe Schwankungen unterworfen sind.

Indem wir die über die Actinalien eruirten Thatsachen überblicken, sehen wir uns in die Lage versetzt, das Wesentliche vom minder Wichtigen zu trennen und aus den komplizirten Verhältnissen das Primitive zu vermuthen, wenigstens in einigen Punkten. Andererseits können wir uns vergegenwärtigen, zu welchen Extremen gewisse, sich bei den Crossopterygiern zeigende Entwicklungsbahnen führen könnten.

Was das numerische Verhältniss betrifft, so könnte man wohl auf den ersten Blick geneigt sein, in der geringen Zahl der Actinalien den ursprünglichen Zustand zu erblicken. Dies ist gewiss insofern richtig, als damit eine ontogenetisch niedere

Stufe angedeutet ist; ob aber phylogenetisch Calamoichthys sich darin als die ältere Form herausstellt, ist mir sehr zweifelhaft. Nicht nur die durch andere Punkte bereits markirte Stellung der beiden Crossopterygier zu einander, auch Gründe allgemeinerer Art lassen es denkbar erscheinen, das Polypterus mit seinen vielen Strahlen, die noch dazu in viel schärferer Weise die Anordnung zur Axe sich bewahrt haben, den älteren Zustand erhalten hat. Ist dem aber so, dann sehen wir bei Calamoichthys einen Fortschritt auf der Bahn der Reduktion der Actinalia vollzogen, und diesen Weg kann man sich durch Unterdrückung der Abspaltung neuer Actinalia von präexistirenden leicht bis zu einer Stufe fortgesetzt denken, wo eine recht geringe Zahl nur noch den erwachsenen Zustand erreicht. Bei Cal. A ist ja die Zahl selbstständiger Actinalia eine sehr geringe.

Zu ähnlichen Anschauungen führt die Betrachtung der Grösse der Actinalien. Nichts wäre falscher, als auch hier in der geringen Länge der betreffenden Stücke bei Calamoichthys durchaus etwas Primitives erblicken zu wollen. Wenn die zuerst von GEGENBAUR betonte Beziehung der Actinalien zu den Marginalien richtig ist (s. u.!), so muss auch die geringere Grössendifferenz zwischen diesen beiden Arten von Skeletstücken den ursprünglichen Zustand repräsentiren. Ein solches Postulat sehen wir bei Polypterus erfüllt. Hier ist der Unterschied der Länge zwischen den grössten Metactinalien und dem Propterygium ein ganz minimaler, gar nicht zu vergleichen mit demjenigen zwischen Pro- und Metapterygium, während bei Calamoichthys von vorneherein eine mächtige Kluft Marginalia und Actinalia in ihren Grössenverhältnissen scheidet.

So würden wir denn als Extrem der bezüglich der Actinalien sich ausprägenden Entwicklungsrichtung den Besatz des Mesopterygium mit einer geringen Zahl kleiner länglicher Knochen zu erwarten haben.

Vor allem aber wichtig ist die Anordnung der Actinalia, durch welche die ganze Betrachtung des Flossenskelets vertieft wird. GEGENBAUR hatte schon die Besonderheit jener kritischen Region des unvollständigen Strahls erkannt (94, pag. 127), ja er spricht bereits von einer Vermehrung knorpeliger Strahlen an diesem Punkte. Mit Recht schliesst er aus seinen Wahrnehmungen, dass eine völlige Gleichartigkeit der Radian nicht vorhanden sei. Nun sind diese Angaben durch meine Beobachtungen in willkommener Weise ergänzt. Eine Axe ist thatsächlich vorhanden, von welcher aus die Anordnung der Actinalien ohne Weiteres verständlich wird. Diese Axe geht aber nicht durch die Mitte, sondern liegt dem Metapterygium viel näher. Diese Thatsachen deuten auch auf einen Prozess hin, den die Flosse durchmacht, doch können für die Bestimmung des Anfangs- und Endpunktes desselben nur allgemeinere Betrachtungen den Ausschlag geben.

Epactinalia (*Epa*).

Taf. I, Fig. 1; Taf. IV, Fig. 15, 16.

Unter diesem Namen fasse ich alle knorpeligen Differenzirungen zusammen, welche sich distal von den Actinalien finden.

GEGENBAUR fand dieselben in einfacher Reihe und zahlreicher als die Actinalia diesen aufsitzend. POLLARD konnte auf Horizontalschnitten der Flosse eines kleinen Polypterus noch eine zweite Reihe kleiner, mit denen der ersten alternirender, also in Verlängerung der Actinalia gelegener Knorpelchen finden.

Mit voller Sicherheit lässt sich über diese Gebilde in der That nur an mikroskopischen Schnitten Aufklärung gewinnen. Ich habe dieselben daher auf Textfigur 7 und 8 nicht mit angegeben, da ich bei Polypterus keine mikroskopische Prüfung dieser Dinge vornehmen konnte. Auch an den Totalpräparaten von Calamoichthys kann man nicht sicher sein, ob bei der Entfernung der Weichtheile die zarten Knorpelchen vollzählig erhalten wurden.

Die Epactinalien treten in einem Gewebstreifen auf, welcher sich distal von den Actinalien ausdehnt, und in welchem sich die Strahlen des Dermal skelets ein senken.

Ueber ihre Entwicklung konnte ich an meinen Objekten keinen Aufschluss gewinnen und konnte keine thatsächliche Bestätigung der gewiss berechtigten Annahme gewinnen, dass diese kleinen Knorpel als Abkömmlinge der Actinalien zu betrachten seien. Wenn auch noch nicht vollständig histiologisch differenzirt, so sind doch schon die ihnen entsprechenden Zellenmassen an dem jüngsten Calamoichthys-Stadium deutlich. Auch die alternirende Lage zu den Actinalien scheint sich früh einzustellen.

Von einer doppelten Aufreihung dieser Gebilde, wie sie POLLARD beschreibt, habe ich mich mit Sicherheit bei Calamoichthys nicht überzeugen können.

Da die Einzelheiten dieser kleinen Bildungen für unsere Zwecke keine Bedeutung haben, so gehe ich nicht näher auf sie ein.

Epimarginalia (*Epm. pr.* und *Epm. mta.*).

Taf. I, Fig. 1, 2; Taf. IV, Fig. 14, 15, 17; Textfig. 7, 8, 9, 11.

Von besonderem morphologischen Interesse sind jene kleinen Knorpel, welche die Reihe der Actinalien an beiden Rändern abschliessen, hier mit den Marginalien in bestimmter Beziehung sich findend. Auf den ersten Blick könnte man geneigt sein, diese schon oben als Epimarginalia von mir bezeichneten Gebilde den Actinalien zuzurechnen. Im Anschluss an GEGENBAUR scheint es mir aber richtiger, sie davon zu sondern. Gemeinsam mit den Actinalien haben sie die Lage im Niveau, aber nicht die Beziehungen zu den Skelettheilen. Sitzen sie doch nicht wie jene dem Mesopterygium auf, und damit ergibt sich eine bedeutende Differenz. Aber auch im Verhalten selbst prägen sich Unterschiede aus. Während die Actinalia früher oder später der Ossifikation anheimfallen, bleiben die Epimarginalia, soweit es bekannt ist, immer knorpelig. Weder einer der früheren Beobachter, noch ich selbst, haben je eine Spur von Knochenbildung an einem Epimarginale gesehen. Weitere Unterschiede ergeben sich bei der speziellen Beschreibung.

Was zunächst die thatsächlichen Verhältnisse betrifft, so unterscheiden wir die beiden Epimarginalia ihrer Lage entsprechend als Epimarginale propterygiale (*Epm. pr.*) und Epimarginale metapterygiale (*Epm. mta.*).

Gemeinsam ist den beiden, dass sie ziemlich kleine Knorpel darstellen, von länglicher Form, welche zum Theil als eine typisch dreieckige erscheint.

Wir unterscheiden einen proximalen Rand und eine distale Spitze. Der proximale Rand bildet eine Art Pfanne von schwacher Aushöhlung, welche dem entsprechend gewölbten Theile des Marginalis aufsitzt. Hier bildet sich immer ein Gelenk aus (Textfig. 11). Durch bindegewebige Massen hängt das Epimarginale mit benachbarten Theilen zusammen, zum Theil auch mit dem Mesopterygium.

Bei *Polypterus* sind die Epimarginalia etwas mehr lang und schmal, als bei dem anderen *Crossopterygier* (Textfig. 7 und 8, Taf. I, Fig. 1 und 2).

Von den Besonderheiten der beiden Epimarginalien hätten wir folgendes hervorzuheben:

Das Epimarginale propterygiale ist im Allgemeinen etwas länglicher als das andere; als ziemlich spitzer Kegel erscheint es bei *Polypterus*, als typisches Dreieck bei *Calamoichthys* (Fig. 1, 2). Man kann eine den übrigen Theilen völlig entsprechende Grössenzunahme für dieses Gebilde nicht konstatiren. Es macht eher den Eindruck, als bliebe es, ebenso wie das andere, relativ etwas im Wachsthum zurück.

Das Epimarginale metapterygiale ist bei *Polypterus* entschieden grösser als das andere, namentlich mehr in die Breite entwickelt.

Bei *Calamoichthys* hat es eine schwach konkave Basis und eine sanftgewölbte, distale Spitze. Man könnte die Form am passendsten derjenigen der Endphalanx eines menschlichen Fingers vergleichen (Textfig. 12). In den älteren Stadien schiebt es sich mit einem kleinen Fortsatz gegen das Mesopterygium hin vor, eine Stelle, die schon bei *Cal. A* durch eine Bandmasse angedeutet ist (Fig. 19, Fig. 2, Fig. 16).

Was nun die morphologische Bedeutung dieser Skeletstücke betrifft, so hängt das Urtheil über dieselben allerdings von allgemeineren Betrachtungen ab, aber schon hier können wir die Beziehung zu den Marginalien betonen.

Wenn die letzteren, wie dies GEGENBAUR bereits gethan hat, mit den Actinalien verglichen werden, so müssen die Epimarginalien mit den Epactinalien in eine Linie gestellt werden, und bezüglich der Genese ist es das wahrscheinlichste, dass wir in ihnen abgegliederte Stücke der distalen Epiphysen der Marginalien zu erblicken haben.

Allgemeine Betrachtungen über das recente crossopterygiale Skelet.

Wenn auch unser Material an lebenden *Crossopterygiern* ein sehr geringes, auf nur zwei Formen beschränktes ist, und obwohl wir von diesen fast nur den fertigen Zustand, und sehr wenig von der Entstehung in Erfahrung gebracht haben, so offenbaren sich doch Verschiedenheiten der einzelnen Befunde, welche uns auf bestimmte Entwicklungsbahnen innerhalb der recenten Zustände verweisen. Die

Beziehungen derselben auf Fossile soll erst später beleuchtet werden; denn ich lege grosses Gewicht darauf, dass gerade das wohl gesichtete recente Thatsachen-Material als feste Basis für alle allgemeineren Ueberlegungen hingestellt werde. Aber schon innerhalb des eng begrenzten Gebietes sind gewisse werthvolle Anhaltspunkte gegeben, welche die Geschichte des *Crossopterygiums* beleuchten. Die Zusammenfassung der speziellen Befunde wollen wir durch Einfügung derselben in einen Entwicklungsgang beleben.

Als Ausgangspunkt betrachte ich einen Zustand, wie er sich in den Hauptzügen theils bei *Polypterus* erhalten hat, theils aus später zu erörternden Gründen erschlossen werden kann.

Eine homogene Knorpelplatte nahm die Mitte der Flosse ein. Mit verschmälertem, proximalen Ende erreichte sie den Schultergürtel. Ein längerer ventraler und ein kürzerer dorsaler Rand vereinigten sich in einem distalen, der seinerseits wieder durch einen mässig vorspringenden Apex in eine grössere dorsale und eine kleinere ventrale Partie geschieden wurde. Dieser Punkt bezeichnet das distale Ende einer Linie, welche an der Knorpelplatte (*Mesopterygium*) selbst durch eine Reihe von Gefässlöchern markirt ist und welche sich als eine Axe offenbart mit Rücksicht auf die Anordnung von Strahlen, die dem distalen Rande der Platte aufsitzen. Solcher (*Actinulia*) besteht eine geringere Zahl in ventraler Richtung sich erstreckend (*Metaactinalia*) als in dorsaler (*Proactinolia*). Ihre Knorpelcylinder sind in der Mitte von Knochenhülsen eingefasst.

Den Actinalien gleichen grössere Skeletstücke, welche den dorsalen und ventralen Rand der mittleren Platte einnehmen. Von diesen Marginalien ist das dorsale Propterygium amähernd von gleicher Länge wie die Actinalien, während das ventrale Metapterygium bedeutend länger erscheint. Die Verknüpfung dieses Zustandes mit anderen hat im nächsten Kapitel zu geschehen.

Das *Mesopterygium* erfuhr eine Verschiebung in distaler Richtung. Die beiden Marginalia verdrängten es und nahmen ihm die Verbindung der freien Extremität mit dem Schultergürtel ab (Textfig. 13). Dabei verwischte sich mehr und mehr der Längenunterschied der beiden, hingegen vergrösserte sich ihre Differenz von den relativ kleiner bleibenden Actinalien. Die gemeinsame Funktion der Marginalien liess innigere Beziehungen derselben zu einander am proximalen Ende hervorgehen. (Textfig. 10, Fig. 17.)

Das *Mesopterygium* dehnte sich mehr in die Breite aus, und die Stelle des Apex wurde undeutlicher. Bei dieser Entfaltung war es vorzugsweise der dorsal gelegene Theil, welcher seine schon vorher gegebene Prävalenz bethätigte. Dadurch kam er in nähere Beziehungen zum Propterygium, als zum Metapterygium. Vorübergehende Verschmelzung beider Stücke mit einander legt davon Zeugnis ab. Distale Abgliederungen vom Knorpelmaterial der Marginalia und Actinalia liessen die *Epi-marginalia* und *Epactinalia* hervorgehen. (Textfig. 14, 15.)

Noch einen Schritt weiter führen uns die *Crossopterygier*-Befunde, und die

sich ausprägende Entwicklungsrichtung ist, um sie recht scharf zu kennzeichnen, in extremer Weise auf Textfig. 17 zum Ausdruck gebracht.

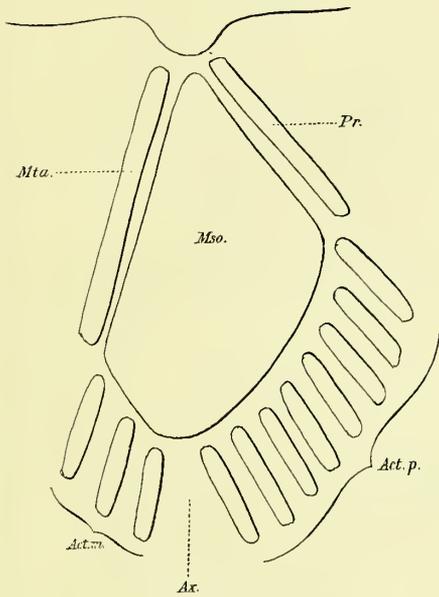


Fig. 13.

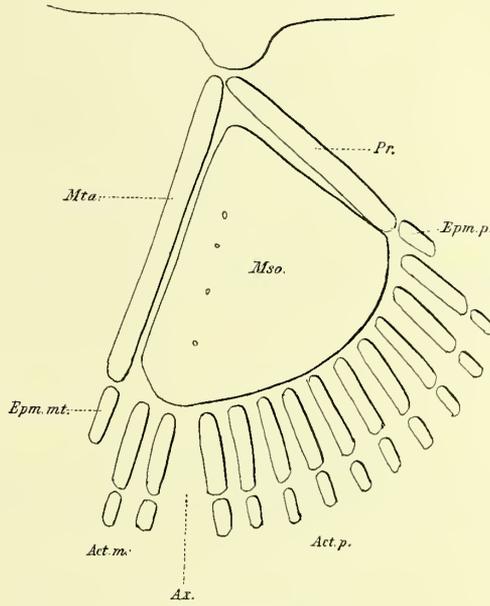


Fig. 14.

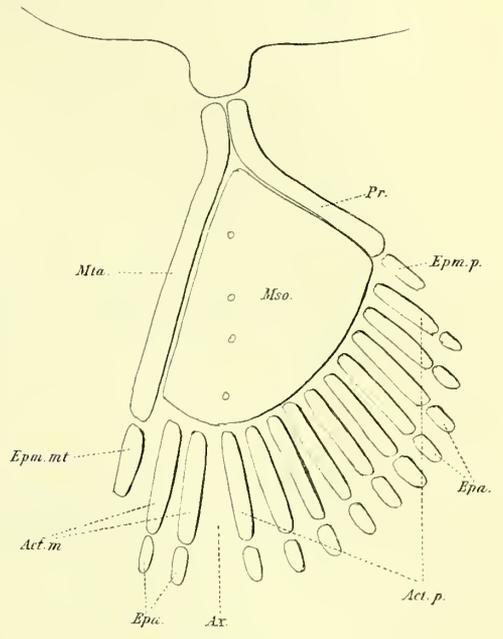


Fig. 15.

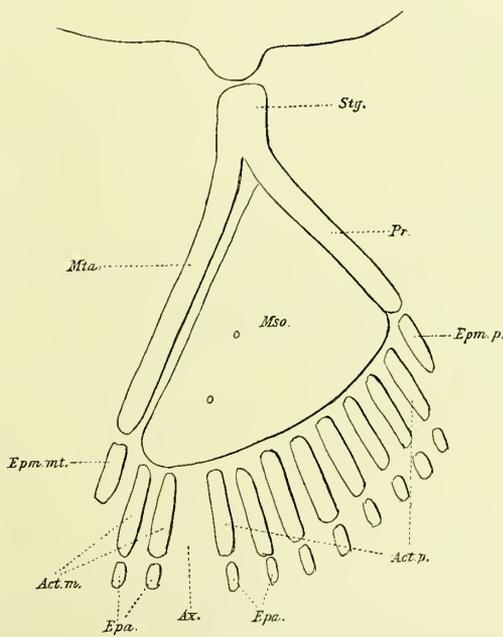


Fig. 16.

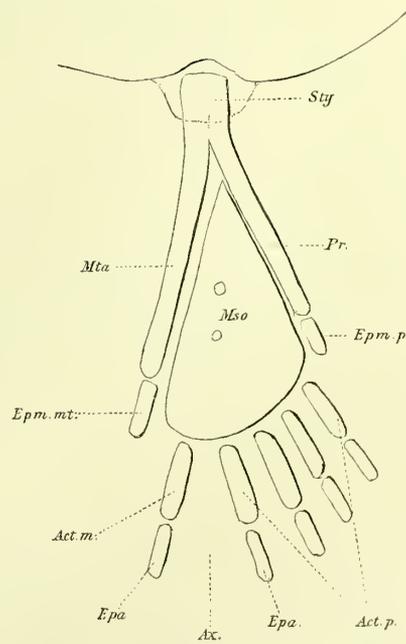


Fig. 17.

Schematische Darstellung des Umwandlungsprozesses, welcher sich aus dem recenten Material am Crossopterygium-Skelet erschliessen lässt.

Fig. 13 stellt den Ausgangs-Zustand dar. Fig. 14, 15, 16 annähernd den gegenwärtigen Befund (Polypterus). Fig. 17 das Extrem, welches sich bei weiterer Entwicklung in gleicher Richtung ergeben würde.

Die distale Verschiebung des Mesopterygium dauert an, es tritt über das distale Niveau der Marginalien hinaus, immer zum Propterygium nähere Beziehungen als zum Metopterygium bewahrend. Der Längenunterschied von Pro- und Metopterygium gleicht sich mehr und mehr aus. Die Actinalia bleiben im Wachstum zurück, auch in der Zahl. So trägt der distale Rand des Mesopterygium nur noch wenige Radien, deren Axenorientirung die Hauptzahl den Proactinalien zuweist.

Die Beziehungen der Marginalien im Bereiche des Schultergelenks steigern sich bis zur partiellen Verschmelzung derselben mit einander (Textfig. 16, 17). Ein neuer Theil geht so und zwar am medialen Rande der Selbstverbindung hervor, der Processus styloides. Er übernimmt die Verbindung der freien Extremität mit dem Schultergürtel, so weit dieser eine Vertiefung darbietet.

Die in diesen Vorgängen sich aussprechende Verschiebung der Skelettheile können wir durch das nachfolgende Schema zum Ausdruck bringen:

I.

Schultergürtel.
Metopterygium. Mesopterygium. Propterygium.
Actinalia.

II.

Schultergürtel.
Metopterygium. Propterygium.
Epimarginale. Mesopterygium. Epimarginale.
Actinalia.
Epactinalia.

III.

Schultergürtel.
Processus styloides.
Metopterygium. Propterygium.
Epimarginale. Mesopterygium. Epimarginale.
Actinalia.
Epactinalia.

C. Muskulatur.

Die Muskulatur der Crossopterygier-Brustflosse ist bisher nicht genügend untersucht worden. Die einzigen, in der Litteratur darüber niedergelegten Angaben von POLLARD könnten den Anschein erwecken, als ob hier sehr einfache Verhältnisse vorlägen, und doch ist dies nicht zutreffend. Sein allgemeines Urtheil fasst POLLARD dahin zusammen: „The muscles show signs of a differentiation from the primitive

Selachian condition but the differentiation does not proceed very far“. In ähnlich kursorischer Weise ist auch die Darstellung der Befunde gehalten. Dieselbe umfasst 14 Zeilen. POLLARD unterscheidet vier Muskeln:

1. *M. levator*. Ursprung von der inneren Fläche der „dermal clavicle“ (d. i. Cleithrum). Ansatz am propterygialen Flossenrand, mehr auf die mediale Fläche übergreifend.
2. *M. protractor* oder *extensor*. Oberflächliche Portionen von Schultergürtel, tiefe von Metapterygium und Mesopterygium; beide gehen zur Grenze des Myaltheils.
3. *M. depressor*. Von Coracoid und Cleithrum zum Metapterygium.
4. *M. retractor* oder *flexor* mit zwei correspondirend.

Diese skizzenhaften Angaben sind nicht gerade unrichtig, aber sie geben doch höchstens eine schwache Ahnung vom Sachverhalt. Auch die Abbildungen Taf. 29, Fig. 16 und 17 sind unzureichend.

Sonstige Angaben sind mir nicht bekannt geworden.

Bevor wir uns zum speziellen Gegenstand wenden, müssen wir Einiges über den allgemeinen Charakter der uns hier vorliegenden Muskulatur vorwegnehmen. Aehnlich wie bei anderen Flossenbildungen können wir auch hier nur sehr mit Vorbehalt von besonderen „Muskeln“ reden*). Muskel-Individuen sind nur in untergeordnetem Maasse ausgeprägt. An ihrer Stelle finden wir Muskelmassen, die zum grössten Theil eine mehr flächenhafte Ausdehnung besitzen. In den einzelnen Partien solcher Muskelplatten machen sich jedoch Verschiedenheiten des Faserverlaufs geltend, und gerade diese wollen beachtet sein; legen wir uns die Frage vor, wie würde diese Muskulatur eventuell bei einer höheren Komplikation der ganzen Extremität sich umgestalten, so werden wir mit der Möglichkeit zu rechnen haben, dass Muskeltheile, welche vorläufig lediglich durch den einigen Bündeln gemeinsamen, von der Umgebung abweichenden Verlauf ausgezeichnet sind, sich zu einem selbstständigen Muskel heranzubilden könnten. Bei einigen Muskelpartien, namentlich an den Rändern der Flosse prägt sich schon Derartiges aus, aber selbst hier ist es misslich, besondere Muskelnamen einzuführen. Um aber eine vergleichend-anatomische Basis zu gewinnen, sind gewisse Benennungen unvermeidlich.

Die Schwierigkeiten liegen auf der Hand. Man kann hier ebenso leicht eine wichtige sich anbahnende Sonderung übersehen, als in die Gefahr und den Verdacht kommen, der Natur durch übertriebenes Betonen gewisser Besonderheiten Zwang anzuthun.

Unter diesen Umständen musste mir vor allem daran gelegen sein, ein recht gutes Bild vom thatsächlichen Verhalten zu geben; dadurch kann gerade hier in vielen Fällen eine detaillirte Beschreibung überflüssig werden. Auf Taf. II sind die betreffenden Verhältnisse in sechs verschiedenen Ansichten dargestellt. Als Ergänzung mögen auch die Nervenbilder der Taf. III herangezogen werden, sowie die Schnitt-

*) Vergl. die Bemerkungen DAVIDOFFS über die Muskulatur von *Ceratodus*.

bilder von Calamoichthys auf Taf. IV. Letztere Form zeigt eine fast völlige Uebereinstimmung in allen wesentlichen Punkten mit Polypterus, an welchen wir uns in der Hauptsache halten wollen.

Fig. 5, Taf. II stellt die Muskulatur der rechten Polypterusflosse von aussen dar, so weit sie nach Entfernung der Haut sichtbar ist. Der Dermaltheil ist hier wie auf den anderen Figuren nur angedeutet. Links liegt der dorsale, rechts der ventrale Rand der Flosse. Danach kann man leicht die Orientierung mit Rücksicht auf die Flossendarstellungen in situ vornehmen. Von Skelettheilen sind sichtbar das Cleithrum, rechts eine kleine Ecke des Coracoidknorpels und, leicht durchschimmernd, die distale Epiphyse des Metapterygium.

Eine tiefere Ansicht der lateralen Fläche (linke Flosse) giebt Taf. III, Fig. 12, wo der Gelenkkopf des Schultergürtels sichtbar ist, und Fig. 9, Taf. II (linke Flosse), deren Beziehung auf die Skelettbilder sich leicht ergibt. Ebenso sind die Bilder der Innenfläche Fig. 10 (tief) und Fig. 6 leicht zu deuten.

Fig. 7 und 8 zeigen die Ränder der Flosse, Fig. 7 den dorsalen, Fig. 8 den ventralen.

Betrachten wir diese zuerst, so fällt an beiden eine gemeinsame Eigenthümlichkeit auf, welche uns zu einer bequemen Disposition des Stoffes verhilft. Man wird vielleicht erwarten, dass dieselbe nach den Nerven vorgenommen würde, ich habe jedoch meine guten Gründe dies nicht zu thun.

Als Eintheilungsmittel wähle ich jene Furchenbildungen, die sowohl auf Fig. 7 als 8 sichtbar sind und vom Schultergürtel aus gerade herunterlaufen, genau der freien Kante entsprechend. Es ist daher berechtigt, von einem Sulcus propterygialis und metapterygialis zu sprechen.

Der Sulcus propterygialis (*su. prt.*) geht vom Cleithrum (*Clei.*) aus und endet als solcher im distalen Drittel des Propterygiums, von wo an eine starke Sehne seine Stelle einnimmt. Der Sulcus metapterygialis (*su. mta.*) beginnt am caudalen Ende des Coracoidknorpels (*Co.*) und bleibt als Furchen weit distal erhalten, fast bis zum Ende des Myaltheils, an welchem die distale Epiphyse des Metapterygiums durchschimmert.

Durch diese beiden Furchen wird die ganze Muskulatur in zwei grosse Gruppen geschieden, die laterale und die mediale Flossenmuskulatur, deren jede wir nun gesondert betrachten wollen.

Laterale Flossenmuskulatur.

Wir untersuchen diese zunächst in ihren oberflächlichen Theilen, wie sie sich nach Entfernung der Haut (Taf. II, Fig. 5) oder auf Flachschnitten (Textfig. 18) darstellt. —

Da fällt zunächst eine wichtige, nicht muskulöse Bildung auf, welche im proximalen Theil gelegen als Mittel zur Eintheilung der Muskulatur dienen kann. Es handelt sich um eine Art Inscriptio tendinea, um ein Intermuskularseptum,

welches die Muskulatur durchsetzt und theils am Anhaftungspunkt der Muskelfasern, theils als ihre Ursprungsstätte von Bedeutung ist.

Dieses laterale Flossenseptum (*spt. lat.*) (Fig. 5, 7, Textfig. 18), wie ich diese sehr wichtige Bildung nennen möchte, bietet in seiner Entfaltung manche individuelle Schwankungen dar. Es läuft bald mehr in querere Richtung (wie Taf. II Fig. 5) oder mehr schräg dorsal absteigend über die Flosse; bald ist es mehr oberflächlich, bald mehr in die Tiefe entwickelt. Seine stärkste Ausbildung hat es immer ungefähr in der Mitte an der durch die Buchstaben-Erklärung markirten Stelle (siehe auch Textfig. 18). Dieses Septum sondert die oberflächliche laterale Flossenmuskulatur in einen proximalen und einen distalen Theil. Beide sind in sehr charakteristischen Punkten von einander verschieden. Die proximale Muskelmasse entspringt in einem grossen Umkreis, und ihre Fasern konvergieren zum grossen Theil zur Insertion hin, zum Theil laufen sie einander parallel. Die distale Muskelmasse verhält sich umgekehrt: Ihre Fasern divergieren vom Ursprung, d. i. vom Septum aus und erreichen strahlenartig einen weiten Umkreis.

Dies wichtige Bild der Muskelanordnung verdient mehr Beachtung, als die Einzelheiten, die sich noch über die beiden Gruppen hinzufügen lassen, und am liebsten würde ich jede Namengebung vermeiden. Da dies nicht gut angeht, so mag der proximale Theil der lateralen Flossenmuskulatur als *M. zonoseptalis* (*z. spt.*) gelten. Derselbe entspringt in der Hauptmasse vom primären Schultergürtel in der lateralen Umgebung des Gelenkkopfes, vom Coracoid und zum Theil von der Innenfläche des Cleithrums. Auf Taf. III, Fig. 12 ist der proximale Theil des Muskels durchschnitten dargestellt. An der Oberfläche prägen sich einige Portionen etwas selbstständiger aus. Namentlich die vom Coracoid kommende (*P. coracoseptalis*) (*co. sept.*) füllt durch ihren schrägen Faserverlauf auf. Bei älteren Thieren wird er fast senkrecht zur Flossenaxe, in jüngeren ist er mehr schief gerichtet. Er bildet einen sehr scharfen distalen Rand, unter welchem andere Muskeln zum Vorschein kommen. Die nächst dorsalen Partien richten sich mehr empor und leiten über zu jener Muskelmasse, welche den dorsalsten Theil des Septums einnimmt. Hier ist dasselbe unvollständig, und wir sehen daher diese Muskelmasse — sie stellt einen Theil dessen dar, was POLLARD „Levator“ nennt — am Propterygium direkt sich inseriren. Man übersieht diese Portion am besten auf dem dorsalen Randbild (Fig. 7). Wir wollen sie als *Portio zonopropterygialis lateralis* (*z. prt. lat.*) bezeichnen. Sie stellt eine starke Muskelmasse dar. In ihrer Endsehne eingeschlossen liegt die *Cartilago parapropterygialis* (Fig. 9). Einige Fasern erstrecken sich über diesen Knorpel fort bis zum distalen Ende des Propterygiums, andere (Textfig. 14) finden bereits weit proximal ihre Insertion.

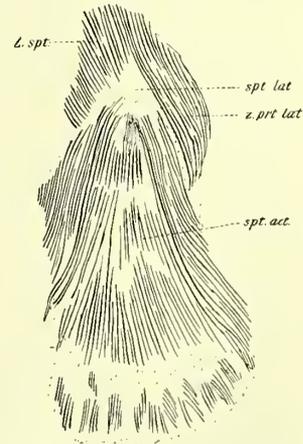


Fig. 18.

Schnitt durch die laterale Flossenmuskulatur, der Oberfläche parallel, von *Calamoichthys* 25 cm lang. Bezeichnungen wie auf den Tafeln. Schwache Vergrösserung.

Was die Funktion dieser Muskelmasse betrifft, so wirkt sie vermittelt des Septum auf das Mesopterygium ein; je nachdem die Fasern hier oder am Propterygium eingreifen, wird der Effekt der Kontraktion ein verschiedener sein. Die Randpartien werden in der That (POLLARD) die Levation der Flosse besorgen (siehe wegen dieser Bewegungen der Flosse im Ganzen weiter oben!), die mittleren Partien hingegen werden die Flosse abduciren und im Verein mit der coracoseptalen Portion drehen, in dem Sinne, dass das Propterygium nach aussen kommt. Dieser Muskel also ist es, welcher die von mir als Schwimmstellung bezeichnete Situation der Flosse vorzugsweise herbeiführen wird (s. Textfig. 5).

Wir kommen nun zur distalen Gruppe, von welcher wir bereits den am Septum entspringenden Theil erwähnt haben. Es kommt aber noch jener andere hinzu, welcher zwar an den andern anschliesst, aber doch selbstständig unter dem freien Rand des Coracoseptalis hervortritt.

Der erste Theil, dessen divergirenden Verlauf wir betonten, strahlt zur Flossenbogenlinie aus und da er am distalen Theil der Actinalia in seine Endsehnenmasse übergeht, die ihrerseits mit dem Dermalskelet zusammenhängt, so können wir ihn als *M. septoactinalis* (*sptact.*) bezeichnen. Wir sehen ihn funktionell zweifellos als Extensor pterygii thätig, und daher mag er auch den Namen des Extensor superficialis führen (Fig. 5, Textfig. 13).

Ventral ist er nur durch eine ganz leichte Furche von der anderen, eben erwähnten Muskelmasse geschieden, welche in der Insertion vollständig dem vorigen gleicht.

An dieser unter dem Coracoseptalis erscheinenden Muskulatur sind wieder zwei Theile zu unterscheiden. (Fig. 5 u. 8.) Ich will sie sondern als *M. mesopterygioactinalis* (*ms. act.*) superficialis und *M. coraco-metapterygialis* (*co. mta.*).

Der erstere besitzt nur geringe Selbstständigkeit, leitet vom oberflächlichen zum tiefen Extensor über. Der andere hingegen ist eins der am besten ausgeprägten Muskelindividuen der ganzen Flosse (Fig. 8, 14, 15, 16).

Er entspringt genau am Rand des Coracoid, ventral vom Foramen und läuft längs des Metapterygium sich allmählich verjüngend bis zu dessen distaler Epiphyse und zum Epimarginale metapterygial. Dies ist der Muskel, den POLLARD mit Recht als Depressor bezeichnet hat.

Am dorsalen Rande ist ein kleiner Theil des Extensor superficialis etwas selbstständig entfaltet. Man erkennt ihn auf Fig. 5, auch auf Fig. 16, wo sein Ursprung von der Cartilago parapropertialis deutlich ist. Man kann ihn als *Musculus marginalis propterygii* bezeichnen.

Die distalen Partien des Extensor superficialis zeigen Unregelmässigkeiten des Faserverlaufs, namentlich bei Calamoichthys, im Bereich der Actinalia.

An die oberflächliche Muskelmasse schliesst sich eine tiefe der lateralen Flossenfläche. Dieselbe ist zum grössten Theil dadurch ausgezeichnet, dass sie von der Flosse selbst ihren Ursprung nimmt, nicht vom Schultergürtel. Nur ein Muskel ist davon ausgenommen, den wir als einen tiefen Kopf des Septoactinalis auffassen könnten. Lateral vom Gelenkkopf des Schultergürtels entspringt eine sehr zierliche rindliche Sehne (Fig. 12 Taf. III), von der Umgebung gesondert, bis zu einer auffallend hochgradigen Selbstständigkeit. Sie geht in einen entsprechend schlanken Muskelbauch über, der in den oberflächlichen Extensor übergeht; beide sind nämlich keineswegs scharf von einander geschieden. Legt man den tieferen frei, so werden viele vermittelnde Züge durchtrennt.

Die eigenartige Muskelportion, die ich hier schildere, konnte ich auch auf den mikroskopischen Schnitten von Calamoichthys finden. Ich will sie *M. glenopterygialis* (*gl. pt.*) nennen.

Vom tiefen Extensor giebt Fig. 9 ein vollständiges Bild, das keines Kommentars bedarf (vergl. ferner Fig. 12, Fig. 14, Fig. 16). Die Ursprünge werden hauptsächlich vom Mesopterygium bezogen.

Der Verlauf der Fasern ist nicht in der ganzen Dicke des Muskels der gleiche. Je tiefer man kommt, um so mehr weicht die radiäre Richtung einer sehrägen. Dies konnte sowohl makroskopisch an Polypterus, wie mikroskopisch an Calamoichthys dargestellt werden. Fig. 16 erläutert das Verhalten hinreichend. Die Faserzüge gehen von der Gegend des Metapterygiums aus und erstrecken sich ganz schräg hinüber zu den dorsalen Partien des Mesopterygiums und zu den Actinalien. Nur ganz ventral bleibt der alte Zustand gewahrt. Hier strahlen die Fasern von einem dem distalen Drittel des Metapterygiums entsprechenden Punkte aus. Man wird daran erinnert, dass durch diese Gegend die Axenlinie läuft, und dass die dorsale Partie des Mesopterygiums sich besonders stark entfaltet.

Im Bereich der Actinalia scheint, auch am tiefen Extensor, eine gewisse mit diesen Skelettheilen in Beziehung stehende Umordnung der Fasern sich einzustellen. Zwischen die Actinalia dringt diese Muskulatur, soviel ich sehe, nicht ein. Wohl liegt hier eine solche, aber diese stammt von der medialen Seite her.

Mediale Flossenmuskulatur.

Auch auf dieser Seite der Flosse finden wir ein sehniges Gebilde, welches die Muskelanordnung beherrscht und überaus charakteristisch ist. Keine quere Inscriptio tritt uns hier entgegen, sondern ein Längsstrang, welcher vom Schultergürtel ausgehend dem grössten Theil der oberflächlichen Muskulatur als Ursprungsstätte dient. Wir wollen dies Gebilde als das mediale Flossenseptum (*spt. med.*) bezeichnen, ohne damit eine nähere Beziehung zum lateralen ausdrücken zu wollen. (Fig. 7, Textfig. 19.)

Das Septum entspringt vom Coracoidknorpel auf dessen medialer Fläche unweit jener grossen Trichteröffnung, die sich zum Foramen coracoideum verjüngt. Auf den mikroskopischen Schnitten lässt sich Ursprung, Verlauf und Bau des Stranges sehr gut beurtheilen. (Textfig. 19, Calamoichthys.) Es besteht aus typischem Sehnen- gewebe, parallel verlaufenden Fasern, zwischen denen sehr schmale, lange Kerne sich finden.

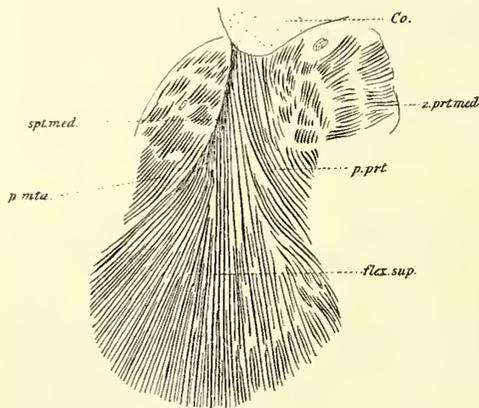


Fig. 19.

Schnitt durch die mediale Flossenmuskulatur, der Oberfläche parallel, Calamoichthys 25 cm lang. Bezeichnung wie auf den Tafeln. Schwache Vergr.

Vom Coracoid aus zieht das Septum in fast geradem Verlauf distal. Eine leichte, dorsal- konvexe Biegung tritt jedoch deutlich hervor. So schlägt das Gebilde eine dem ventralen Rand annähernd parallele Verlaufsrichtung ein und entspricht darin einer am Skelet deutlich er- kannten Linie, deren Natur als Axe wir wahr- scheinlich machen konnten. Darin liegt eine sehr beachtenswerthe Beziehung der Sehne aus- gedrückt. Dieselbe erreicht nicht die Flossen- bogenlinie. Sie endet in einer radiären Muskel- masse, deren Züge gleichmässig den distalen Rand des Myaltheiles einnehmen. Soweit aber

diese Sehne vorhanden ist, scheidet sie die oberflächliche Muskulatur in eine dorsale und eine ventrale Portion. Die ventrale bildet die mediale Begrenzung des Sulcus metapterygialis, die dorsale hingegen wird vom Sulcus propterygialis noch durch eine Muskelmasse geschieden, welche im Verlauf, Ursprung und Insertion dem Musc. zono- propterygialis dorsalis sehr ähnlich ist, und den wir daher mit dem entsprechenden Namen, nur durch medialis unterschieden, belegen wollen. Den anderen Theil fasst man am besten als Flexor superficialis zusammen, wenn auch damit die Funktion nur unvollkommen ausgedrückt wird.

Der Musc. zono-propterygialis medialis (*z. prt. med.*) wird ausser auf Fig. 6, auf Fig. 7 gut übersehen. Er entspringt neben dem Gelenkkopf, von der Innen- fläche des Cleithrum und der benachbarten Aussenfläche des primären Schultergürtels. Seine Fasern konvergiren stark und finden an der medialen Fläche des Propterygium ihren Ansatz. Dieser Muskel schliesst sich in seiner Funktion jedenfalls dem ent- sprechenden lateralen an, daher hat POLLARD auch beide als Levator zusammengefasst; in seiner Anordnung aber möchte ich ihn dem Flexor mehr anreihen, von dem er auch bei Calamoichthys noch nicht so scharf wie später gesondert zu sein scheint.

Der Flexor superficialis (*flex. sup.*) lässt sich, wie ausgeführt, leicht in zwei Portionen sondern.

Die dorsale ist die mächtigere. Wir nennen sie portio propterygialis und metapterygialis (p. prt. und p. mt.). Der Faserverlauf der ersteren entspricht ungefähr der Anwendung der Proactinalia, die in ihren Bereich fallen. Die Fasern gehen schräg vom Septum ab, im Allgemeinen damit einen Winkel von ca. 30° bildend. Die dorsale Partie scheint wiederum einige Selbstständigkeit zu besitzen. — Ganz allmählich vollzieht sich gegen das distale Ende des Septums hier eine Umordnung der Fasern, sodass dieselben schliesslich in der Verlängerung des Septums gelegen sind. Damit wird die Verlaufsrichtung erreicht, welche dem ventralen Theil der Portio metapterygialis im Ganzen eigen ist. Ganz proximal aber hängt sein Ursprung mit dem Septum zusammen. Von da aus divergiren die Fasern dieses Muskels leicht zur Flossenbogenlinie hin.

Was die Funktion dieser Muskellage anbelangt, so dürfte sie die der Flexion und der Adduktion mit einander vereinigen. Ausserdem werden die einzelnen Faserzüge noch besondere Wirkungen entfalten können; die mehr dorsalen würden eine supinirende, die mehr ventralen eine pronirende Bewegung durch die Art ihres Faserverlaufs besorgen müssen.

Auch deuten manche lokale Verschiedenheiten des Faserverlaufs auf weitere Komplikationen der Bewegung hin. Ebenso wie beim Extensor werden wir aber auch hier an wellenförmig von einem Rand der Flosse zum andern fortlaufende Bewegungen zu denken haben.

In der Tiefe hängt das mediale Flossenseptum mit anderen Theilen zusammen. Es geht hier in jene Bandmasse über, welche als Ligamentum zonomesopterygiale beim Skelet beschrieben wurde. Diese Thatsache ist wichtig für spätere Betrachtungen. Ich will nur daran erinnern, dass hier sich jener Zusammenschluss der Marginalien vollzieht, wodurch der Proc. styloides gebildet wird. Diese tiefen, bindegewebigen Theile hängen mit einer tiefen Flexorenmasse zusammen, welche auf Fig. 10 Taf. II, Fig. 13 Taf. III, Fig. 15 und 17 Taf. IV, übersehen werden kann.

Die Sonderung in einen *M. flexor superficialis* und *profundus* hat POLLARD ganz richtig erkannt. Kürzlich hat er gelegentlich darauf nochmals hingewiesen in der Diskussion des Vortrags von EISLER über die Flexoren (Verhandl. der anatom. Gesellschaft Basel 1893).

Vollständig glatt lässt sich aber auch hier die Scheidung der beiden Muskellagen nicht vernehmen, ebenso wenig wie auf der lateralen Fläche. Auch hier finden sich vermittelnde und verbindende Faserzüge.

Aehnlich wie an der entsprechenden Extensorenmasse lässt auch der tiefe Flexor verschiedene Faserrichtungen in verschiedenen Niveaus erkennen. Wir treffen zuerst auf radiäre Fasermassen, welche von Lig. zonomesopterygiale ausstrahlen, mehr gegen das Skelet zu aber kommen schräge Faserzüge zum Vorschein, die gerade auf den mikroskopischen Flachschnitten äusserst gut zu sehen sind. Sie entsprechen genau den tiefsten Zügen des Extensor und gehen von der Gegend des

Metapterygium — von diesem und dem Mesopterygium entspringend — schräg distal gegen den dorsalen Rand hin (Fig. 15).

Distal gewinnen diese Muskelmassen noch im Bereich der Actinalia Komplikationen. Ihre Fasern werden hier sehr zart und liegen eng an einander. Weiterhin senken sie sich zwischen die Actinalia ein, wobei sie vielfach divergirende Verlaufsrichtung annehmen.

So finden wir in Räumen zwischen der Actinalia besondere kleine Muskeln, welche bisher nicht beachtet worden sind — auch POLLARD erwähnt sie nicht — und welche den Namen der *Musculi interossei* verdienen. Wie erwähnt, scheinen sie mir in toto von der medialen Muskelmasse herzustammen (Fig. 16).

Das Thatachenmaterial, welches wir über die Flossenmuskulatur ermitteln konnten, ist nicht so reich, wie das am Skelet gewonnene. Wir können hier nicht so feinen Unterschieden nachgehen, wie sie sich am Skelet als wichtige Fingerzeige ergaben. Als Uebersicht mag die beifolgende Tabelle dienen, in der die Muskelmassen übersichtlich geordnet worden sind.

Bezüglich der allgemeinen Betrachtung der Muskulatur können wir hier, auf die Crossopterygier uns beschränkend, nur einige wichtige Hauptpunkte hervorheben, welche die Eigenart derselben zum Ausdruck bringen.

Vor allem ist wichtig, dass alle Muskelmassen sich in die beiden grossen Gruppen bringen lassen, die wir als laterale und mediale unterschieden haben. Darin liegt ein gewisser niederer Zustand ausgedrückt.

Andererseits aber muss betont werden, dass eine bestimmte Differenzirung Platz gegriffen hat und in der allmählichen Ausprägung schärfer gesonderter Muskelindividuen uns gleichsam noch in voller Thätigkeit hier entgegentritt. Bei dieser Differenzirung ist es wichtig, dass sich ein verschiedener Gang derselben ausprägt für die mediale und für die laterale Fläche, für den dorsalen Theil und für den ventralen Theil.

Auf beiden Flächen sehen wir sehnige Partien eine wichtige Rolle spielen, aber in ganz verschiedener Weise. Lateral finden wir eine ziemlich oberflächliche quer verlaufende Inscriptio, medial eine starke mit dem Skelet in der Tiefe zusammenhängende, in der Richtung der Flossenaxe verlaufende Sehne. Lateral finden wir die Sonderung in einen proximalen und distalen Theil, medial in einen dorsalen und ventralen Theil.

Die grösste Selbstständigkeit der Muskeltheile wird an den Rändern erreicht. Auf beiden Flächen ist die Sonderung in oberflächliche und tiefe Muskulatur eingetreten.

Man könnte vielleicht schon an dieser Stelle eine Erklärung dafür erwarten, dass die Muskulatur so und nicht anders beschaffen ist. Eine solche wäre in der

Hauptsache gegeben, wenn die Phylogenese der beiden grossen Muskelgruppen mit den am Skelet sich vollziehenden Umwandlungen in genetischem Komplex nachgewiesen würde. Diese schwierige Aufgabe verlangt jedoch den Nachweis eines Ausgangspunktes, eines Urzustandes für Skelet und Muskulatur, und über diesen können wir am Objekt selbst nur unvollkommenen Aufschluss erlangen. Wir kommen daher im II. Kapitel auf diesen Punkt zurück.

Uebersichtstabelle der Muskulatur an der Brustflosse von *Polypterus*.

Laterale Gruppe.

M. zonoseptalis	}	m. coracoseptalis.
		m. zonopropterygialis lateralis.
M. septoactinalis.		
M. mesopterygioactinalis superf.	}	M. extensor superfic.
M. marginalis propterygii		
M. glenopterygialis.		
M. coracometapterygialis.		
M. extensor profundus.		

Mediale Gruppe.

M. zonopropterygialis medialis.		
M. flexor superficialis	}	
		p. promesopterygialis.
		p. metapterygialis.
M. flexor profundus.		
Mm. interossei.		

D. Nerven.

Die Nerven der Crossopterygier-Brustflosse sind bisher ebenso vernachlässigt worden, wie die Muskeln derselben, obwohl sehr primitive und wichtige Zustände vorliegen.

Auch hier ist POLLARD der einzige Autor, von dem Angaben in der Litteratur zu verzeichnen sind, aber wie bei der Muskulatur, so ist auch bezüglich der Nerven die Darstellung so skizzenhaft und cursorisch, dass man kein deutliches Bild bekommt, und die bildlichen Darstellungen genügen auch hier keineswegs (cf. seine Fig. 17 und 18). Ich kann nur sagen, dass im Allgemeinen die meisten Angaben POLLARD's sich mit meinen Wahrnehmungen in Einklang bringen lassen, in manchen Punkten freilich finde ich die Dinge anders und muss der Möglichkeit individueller Variation der Untersuchungsobjekte weiteren Spielraum geben.

Ich will zunächst ganz kurz seine Resultate anführen, indem ich seine Ausdrücke in meine Nomenklatur übersetze.

Mit Recht betont POLLARD als wichtigstes Factum, dass eine geringe Anzahl der ventralen Aeste vorderster Spinalnerven die Flosse versorgen. Es sollen nach dem Autor fünf sein, deren ersten er als den Hypoglossus bezeichnet, dem sich die vier ersten Spinalnerven anschliessen. Ich will sie schon hier bei der Wiedergabe der fremden Schilderung als Nervi pterygiales I—V bezeichnen:

N. I bildet mit II eine Anastomose, auch hängt er mit weiter cranial gelegenen Nerven zusammen.

N. I soll den obersten Theil des „Protractor“ versorgen, d. i. nach meiner Ausdrucksweise den proximalen Theil der lateralen Muskelmasse.

N. II. soll den Levator (M. zonoproterygialis lateralis und med. mihi), sowie den Extensor versorgen, ein anderer Zweig geht zu den Flexoren.

N. III theilt sich in zwei Aeste: der eine bleibt auf der medialen Seite und versorgt Flexoren, der andere dringt mit der Arterie durch den Schultergürtel (Foramen coracoideum) zu den Extensoren.

N. IV. soll mit zwei Zweigen theils zur medialen, theils zur lateralen Gruppe gehen, indem das Metapterygium als Uebertrittsstelle dient.

N. V soll der Nerv des „depressor“ sein, d. i. meines Coracomapterygialis.

Ich wende mich nun zur Darstellung meiner eigenen Befunde, welche an der Hand der auf Taf. III gegebenen Abbildungen keine Schwierigkeiten bereiten wird. Die drei Figuren sollen einander ergänzen. Als Orientirungsbild dient Fig. 11. Dasselbe zeigt die Lagerung der Nervi pterygiales zu den benachbarten Theilen. Fig. 12 und 13 geben Detailbilder des Verlaufs der Nerven auf der Flosse selbst und zwar einmal von der Innen-, das andere Mal von der Aussenseite, wobei immer die oberflächliche Muskelschicht fortgenommen wurde. Auch auf den Schnittbildern von Calamoichthys, Taf. IV, ist manches bezüglich der Nerven zu sehen.

Unsere Schilderung gliedert sich naturgemäss in zwei Theile. Zuerst haben wir den Zusammentritt der Nerven und ihr Verhalten zu einander zu betrachten, sodann die Vertheilung derselben an der Extremität.

Der erste Punkt lenkt sofort unsere Aufmerksamkeit auf eine Schwierigkeit. Man könnte versucht sein, in Analogie mit höheren Formen von einem Plexus pterygialis zu sprechen und dies geschähe mit ebensoviel Recht wie Unrecht. Denn von den Nerven, welche zur Flosse gehen, verbinden sich in der That zwei miteinander nach Art eines Plexus, aber die anderen thun dies nicht. Wir haben also einen unvollständigen Plexus vor uns, und gerade dies ist ja von so grosser Bedeutung. Wir wollen daher den Namen des Plexus nicht benutzen und kurzweg von Nervi pterygiales sprechen.

Was die Zahl derselben betrifft, so kann ich mir vier finden. Wenn POLLARD fünf angiebt, so mag er ja für sein Objekt Recht haben; bei dem von mir speziell daraufhin untersuchten Exemplar sind es nur vier.

Um die Situation dieser vier Nervi pterygiales richtig würdigen zu können, ist es geboten, einen Blick auf die Fig. 11 zu werfen:

Der Schultergürtel ist auf der linken Seite in situ gelassen. Hier erkennt man die Clavicula (*Clav.*), noch theilweise das Herz (*Cor.*) deckend. Dieses ist im eröffneten Perikard liegend dargestellt. Von der distalen Spitze des Perikards gewahrt man die Lebervene (*V. hep.*), welche sich bis zur Leber (*Hep.*) verfolgen lässt. Seitlich davon sind die Schwimmblasen angedeutet. Der hintere Abschluss des Kiemendarms erscheint jederseits als eine sehräge, leicht lateral-konvexe Linie (*Visc.*). Auf der linken Seite des Thieres (also rechts in der Figur) sind die Austrittsstelle der Pterygialnerven und ihr anfänglicher Verlauf mit Rücksicht auf die Verbindungsweise von Schultergürtel und Wirbelsäule dargestellt. Wir müssen hier eines Bandes Erwähnung thun, welches bisher sehr wenig beachtet zu sein scheint. Es ist mir nicht wahrscheinlich, dass es gar nicht beschrieben sein sollte, aber ich finde in der Litteratur nichts darüber. Dasselbe geht von dem vordersten Theile der Wirbelsäule aus, von seitlichen Partien eines Wirbelkörpers und inserirt am Cleithrum; dieser Knochen läuft dorsal in zwei Fortsätze aus, einen breiten hinteren und einen sehr spitzen vorderen. An letztem geht das Band, welches ich als Ligamentum cleithro-vertebrale (*Lig. Cl. V.*) zu benennen vorschlage*). Zu den Nerven verhält es sich wie die bekannten Polypterus-Rippen, die als durchscheinende Theile angedeutet sind. Der erste Nervus pterygialis erscheint cranial von dem Band, der zweite distal davon.

Was die Natur des N. pteryg. I betrifft, so muss dieselbe hier ausserhalb der Untersuchung bleiben. POLLARD bezeichnet ihn als Hypoglossus und ich verweise auf die von diesem Autor gegebene Darstellung der Kopfnerven des Polypterus. Auch mag auf die in Aussicht stehenden Untersuchungen von BÉLA HALLER über dieses Nervengebiet verwiesen werden. Wir müssen hier eine Sehranke ziehen und innerhalb der gesteckten Grenzen bleiben, und hierfür hat der in Rede stehende Nerv zunächst nur die Bedeutung, dass er der erste ist, welcher an der Versorgung der Gliedmasse theil hat.

Auf der rechten Seite des Thieres ist der Uebertritt der Nerven zur Flosse dargestellt. Die Flosse ist in die Supinationsstellung gebracht, wesentlich desshalb, um alles möglichst übersichtlich zeigen zu können. Auch hat diese Stellung den Vortheil, dass die Vergleichung mit höheren Befunden erleichtert wird, da wir ja gewöhnt sind, den Plexus brachialis in der entsprechenden Situation zu prüfen.

Die Rumpfmuskulatur ist bis zum Niveau der Flosse abgetragen und zeigt die Myosepten. An der Flosse ist die Muskulatur der medialen Fläche sichtbar. Cranial liegt die Gegeud des Metapterygiums. Hier erkennt man den Sulcus meta-

*) Es ist hier nicht der Ort, die Frage nach der Morphologie dieses wichtigen Anheftungsapparates des Schultergürtels zu besprechen, ein Thema, das gewiss interessante Ergebnisse liefern könnte.

pterygialis. Von Muskeln sieht man den Flexor superficialis und den Zonopropterygialis medialis.

Die Kniekungsstelle proximal von der Gliedmasse ist der freie Rand des Schultergürtels, welcher sich unter dem Gelenkkopf befindet. Weiter zum Rumpf hin erseht die tiefe trichterförmige Einziehung, welche zum Foramen coracoideum leitet. Auch dieses selbst ist sichtbar, und man sieht in ihm den grossen Arterienstamm verschwinden, die Arteria pterygialis (a. pt.), wie ich sie nennen will. Sie geht in ziemlich gerader Richtung mitten zwischen den Nerven durch auf ihr Ziel hin, ventral vom Lig. cleithrovertebrale.

Den Verlauf der Nerven zur Gliedmasse können wir in sehr einfacher Weise skizziren. Nerv I und II vereinigen sich zu einem Stamm ($\pi\rho\rho$), welcher die Gegend des Propterygiums aufsucht. Nerv III zieht in gerader Richtung zur mesopterygialen Region ($\mu\sigma\sigma$), und Nerv IV erreicht den metapterygialen Rand ($\mu\tau\alpha$). Einfacher kann der Thatbestand kaum gedacht werden. Selbst die einzige scheinbare Komplikation lässt sich leicht aufklären und beseitigen. Dieselbe beruht in der Ueberkreuzung der Nerven bei der Supinationsstellung. Betrachten wir zunächst, wie sich dabei die Nerven zu einander lagern. Die vordersten laufen am meisten dorsal, Nerv IV bleibt am meisten ventral, Nerv III hält die Mitte. Dies deutet uns schon an, wie die Ueberkreuzung aufzuheben geht. Wir wissen aus den früheren Betrachtungen über die äusseren Verhältnisse der Flosse, dass die Supinationsstellung die allerwenigst natürliche ist, welche herbeigeführt werden kann, und dass dies bei Erhaltung aller Theile kaum möglich ist. Gleichen wir also diese künstliche Stellung aus und denken wir uns die Nervi pterygiales bei der natürlichen oder Ruhelage der Flosse, so kommen wir zu einem ausserordentlich einfachen Gesetz der Nervenvertheilung. Je weiter dorsal ein Theil der Flosse liegt, von desto weiter cranial entspringenden Nerven wird er versorgt.

Wir haben jetzt auch zugleich einen Anhaltspunkt gewonnen, um eine rationelle Nomenklatur der Flossenerven einzuführen. Wir wollen sie bezeichnen als Nervus propterygialis ($\pi\rho\rho$) (Nervus pteryg. I + II), Nervus mesopterygialis ($\mu\sigma\sigma$) (Nervus pterygialis III), Nervus metapterygialis ($\mu\tau\alpha$) (Nervus pterygialis IV).

Nervus propterygialis ($\pi\rho\rho$).

Derselbe bildet sich unweit der Extremität aus seinen Komponenten (Fig. 11). Letztere geben aber auch vorher Aeste (1) in die ventrale Rumpfmuskulatur ab. Diese Eigenthümlichkeit theilen sie mit den anderen Flossenerven. Von diesen Aesten ist jedoch einer der N. 3. bemerkenswerth, weil er sehr lang sich in weit cranial gelegene Regionen erstreckt. Er kommt bis in die vordersten Theile der Rumpfmuskulatur verfolgt werden, welche zwischen Perikard und Clavicula gelegen ist. Für unsere Zwecke hat dieser Nerv keine weitere Bedeutung, aber für andere Fragen dürfte es sich um ein nicht unwichtiges Verhalten handeln.

Schon vor der Vereinigung, dann wiederum gerade aus dieser gehen kleinere Zweige (2) in den *M. zonopropterygialis medialis* ab. Dann geht der ziemlich starke Stamm in die Tiefe und gelangt zwischen Schultergelenkkopf und den *Mm. zonopropterygiales* zum *Propterygium* hin. Hierbei durchsetzt er zum Theil die innersten Partien dieser Muskeln, und versorgt *M. zonopropterygialis* und *zonoseptalis* (Fig. 12). Die makroskopische Untersuchung dieser Verhältnisse lässt sich vervollständigen durch das Studium der Schnittserien von *Calamoichthys*. Hier trifft man auf den Flächenschnitten der ganzen Flosse den Nerv im Querschnitt etwa im Niveau der Basis des Schultergelenkkopfes (Taf. IV, Fig. 14. 15. 16. 17). Einige Muskelzüge bleiben zwischen dem Skelet und den Nerven. Hier lässt sich auch etwas konstatiren, worüber makroskopisch keine volle Sicherheit gewonnen werden konnte, nämlich dass der Nerv einen zarten Ast zur Kapsel des Schultergelenkes entsendet (6) (Fig. 12. 17). — So erreicht der Nerv die proximale Epiphyse des *Propterygiums*, um sich hier zu theilen in einen *Ramus medialis* (*m*) und einen *Ramus lateralis* (*l*). (Fig. 12. 13).

Der *Ramus medialis* (*m*) schlägt sich bogenförmig um das proximale Ende (Fig. 17) des *Propterygiums* zur medialen Fläche. Auch mikroskopisch lässt sich das ausgezeichnet verfolgen. Er versorgt nun die mediale Flossenmuskulatur gemeinsam mit den *Ramus medialis* des *N. mesopterygialis*.

Das Schicksal beider wird nun ein gemeinsames. Ihre Zweige legen sich zum Theil dicht an einander. Makroskopisch glaubte ich überall eine Trennung derart feststellen zu können, dass von einer „Ansabildung“ oder auch „Plexusbildung“ nicht gesprochen werden könnte. Mikroskopisch jedoch sieht die Sachlage anders aus. An dem jungen Objekt, von welchem die eine Schnittserie angefertigt wurde (Fig. 17), treten die Nerven überaus deutlich hervor und besitzen beträchtliche Dimensionen. Da erkennt man, dass die Aneinanderlagerung doch eine recht innige ist, und dass man wohl das Recht hat, von einer peripheren Verbindung der Nerven zu sprechen. — Makroskopisch lässt sich der Antheil der beiden Nerven so abgrenzen, dass der Ast des *N. propterygialis* den dorsalen, der des *N. mesopterygialis* den ventralen Theil des *Flexor superficialis* und *profundus* versorgt (Fig. 13). Die Vertheilung geschieht in einer ganz typischen Weise. Die Hauptäste verlaufen in der Zone zwischen dem tiefen und dem oberflächlichen Extensor, und von da aus verbreiten sich die kleineren Zweige nach der Oberfläche und nach der Tiefe (*Rami superficiales*, *rami profundi*) (*sup. prof.*). Die reiche Verzweigung der kleinsten Nervenäste zwischen den Muskelzügen des tiefen Flexor lässt sich mikroskopisch leicht feststellen.

Der *Ramus lateralis* (*l*) geht in ziemlicher Stärke über den proximalen Theil des *Propterygium* fort zu den Extensoren (Fig. 12, 16). Hier vereinigt er sich (wie das mikroskopische Bild lehrt) in ähnlicher Weise wie dies bei den Flexoren der Fall ist mit dem entsprechenden Ast des *Nervus mesopterygialis*. Auch hier geschieht die Hauptverbreitung zwischen der oberflächlichen und tiefen Schicht zu diesen hin. (*Rami superficiales et profundi*). Zum tiefen Extensor tritt ein besonders starker, bogenförmig verlaufender Ast. (Fig. 16).

Nervus mesopterygialis ($\mu\sigma\sigma$).

Dieser allein dem dritten Pterygial- und zweiten Spinalnerv entsprechende Stamm bleibt ohne Anastomose und tritt in geradem Verlauf (Fig. 11) zur Gliedmasse. Dabei läuft er ventral vom Lig. cleithrovertebrale, sowie vom N. propterygialis und von der Arteria pterygialis. Vor seiner unweit des Coracoids liegenden Theilungsstelle entsendet er einige kleinere Aeste in die ventrale Rumpfmuskulatur, von denen einer wieder auffällt durch den langen kranial gerichteten Verlauf (4), wodurch er dem oben geschilderten Ast des N. propterygialis gleicht, dem er auch parallel verläuft und in dessen Nachbarschaft er sich in der Muskulatur verliert.

Der Stamm theilt sich in einen Ramus medialis (*m*) und einen R. lateralis (*l*), die beide gleich stark sind.

Der Ramus medialis läuft ganz gerade in der Fortsetzung des Stammes zum Flexor (Fig. 11). Nachdem er einen Ast zur metapterygialen Portion des Flexor superficialis abgegeben hat, senkt er sich unweit des medialen Flossenseptums in die Tiefe. Den oberflächlichen Flexor durchbohrend, gelangt er zwischen diesem und dem tiefen in das Niveau des R. medialis vom N. propterygialis, mit dem er in der oben beschriebenen Weise sich vereinigend die Versorgung der Flexoren vermittelt seiner Rami superficiales und profundi übernimmt (Fig. 13, Fig. 17).

Der Ramus lateralis zieht zum Foramen coracoideum (Fig. 11). Hier trifft er mit der Arteria pterygialis zusammen, auf deren ventraler (resp. medialer) Seite er den Kanal passirt. Da er so über das Coracoid gelangt, so möchte ich ihm die Bezeichnung des N. supracoracoidens beilegen. Er versorgt (mit dem N. pteryg. I gemeinsam) den Zonoseptalis und geht dann in leichtem Bogen über die proximale Epiphyse des Metapterygium fort zur Streckmuskulatur. Ein besonderer Ast konnte zum M. glenopterygialis verfolgt werden, während die anderen Zweige sich mit dem lateralen Aste des N. propterygialis vereinigen zur Versorgung der Extensoren, des M. septoactinalis, mesopterygioactinalis und Extensor profundus (Fig. 12).

Nervus metapterygialis ($\pi\tau\alpha$).

Dieser vierte Pterygialnerv entspricht dem dritten Spinalnerv und läuft ohne Anastomosen ventral von allen anderen Nerven zu seinem Ziel, dem Sulcus metapterygialis (Fig. 11). An seiner Stelle lässt POLLARD zwei Nerven verlaufen, was ich nicht bestätigen kann. Dies ist die Hauptdifferenz zwischen unseren Angaben. Schon vor dem Uebertritt zur Extremität giebt der Nerv mehrere Aeste zur Rumpfmuskulatur ab, namentlich zu den unter dem Coracoid gelegenen Muskelmassen. Sein Ende theilt sich im Sulcus metapterygialis in einen R. lateralis (*l*) und einen R. medialis (*m*). Der letztere verliert sich im Flexor superficialis, speziell in der metapterygialen Portion desselben, der andere ist der Nerv des „Depressor“, wie POLLARD ganz richtig erkannt hat, d. i. meines M. coracometapterygialis.

Periphere Verbindungen dieser Nerven mit anderen konnte ich nicht auffinden.

Zusammenfassung.

Die über die Nerven gewonnenen Erfahrungen zeigen uns für das Crossopterygium ausserordentlich einfache Verhältnisse, deren primitiver Charakter von vornherein einleuchtet. Wir werden im nächsten Kapitel darauf zurückkommen. Die Hauptpunkte, welche für die Crossopterygier charakteristisch sind, beruhen in Folgendem: Zunächst ist wichtig die geringe Zahl der die Gliedmasse versorgenden Nerven (vier). Ferner müssen wir beachten, dass es sich um sehr weit cranial liegende Nerven handelt. Die mangelnde Verbindungsweise derselben ist ein weiterer Punkt, der sehr wichtig ist; ebenso wichtig sind aber auch die Andeutungen und Anfänge von Plexus- und Ansa-Bildungen, da sie uns den Weg zeigen, auf dem solche Verbindungen bei höheren Wirbelthieren sich herangebildet haben konnten. Zweierlei Arten von Verbindungen müssen wir unterscheiden. Zunächst mehr centrale, ferner periphere: von den ersteren haben wir eine einzige zu verzeichnen, die zwischen erstem und zweiten Pterygialnerv. Periphere Verbindungen begegneten uns zwischen N. propterygialis und mesopterygialis. Am meisten isolirt erscheint der N. metapterygialis. Darin offenbart sich eine eigenthümliche Folge von cranialer in caudaler Richtung, indem der letzteren entsprechend die Nervenverbindung mehr und mehr zurücktritt.

Für das Fehlen eines ächten Plexus ist es ferner wichtig, dass wir keine typischen Streck- und Beugenerven haben, sondern dass jeder Pterygialnerv diese Eigenschaften in sich vereinigt, indem er sich weit distal in einen Ramus medialis und lateralis theilt. Fügen wir hinzu, dass diese sich in gleichmässiger Weise in oberflächliche und tiefe Aeste spalten, so haben wir alle Besonderheiten dieser Flossennerven aufgezählt. Auffallen muss endlich, dass die Dreitheilung des Skelets sich auch im Verhalten der Nerven widerspiegelt.

Im Ganzen kann man wohl sagen, dass uns hier Zustände von wahrhaft klassischer Einfachheit begegnen, deren hohe Bedeutung wir in den folgenden Kapiteln würdigen wollen.

Schema der Nerven des Crossopterygium und ihre Beziehungen zu den Muskeln.

N. pteryg. I.	}	N. propterygialis	}	rr. superficiales.	
R. anterior				R. lateralis	Extensor superficialis.
M. zonopropteryg.				M. zonoseptalis	rr. profundi.
Rumpfmuskulatur				Schultergelenk-Ast	Extensor profundus.
N. pteryg. II.	}	}	}	rr. superficiales.	
M. zonopropteryg.				R. medialis.	Flexor superf.
Rumpfmuskulatur					rr. profundi.
					Flexor prof.

N. pteryg. III. = N. mesopterygialis. Rumpfmuskulatur.	R. anterior.	{ R. lateralis (N. supracoracoidens) M. zonoseptalis	{ rr. superficiales. Extensor superfic. rr. profundi. Extensor prof.
N. pteryg. IV. = N. metapterygialis		{ R. lateralis. M. coracometapterygialis. R. medialis. Portio metapterygialis des Flexor superficialis.	

Ueber die Blutgefäße des Crossopterygium konnte ich leider an meinem Material keinen genügenden Aufschluss gewinnen, da mir kein injizirtes Objekt zur Verfügung stand. Dieser Punkt ist jedoch nicht von fundamentaler Bedeutung für die morphologischen Betrachtungen der folgenden Kapitel. Wenn Skelet, Muskeln und Nerven genügend gewürdigt sind und zur Anstellung gewisser Beziehungen gedient haben, so werden die Gefäße sich dem Gesamtbild fügen. In dieser Hinsicht scheint mir auch das thatsächlich Ermittelte sich den Erwartungen zu fügen. Der Hauptstamm der Arteria pterygialis tritt über den proximalen Theil des Metapterygium fort zur medialen Fläche (Fig. 17). Diese Arterie wird von einer grossen Vene begleitet, welche weiter distal liegt. Ein kleinerer Zweig tritt zur lateralen Fläche. Die Hauptgefäße laufen annähernd in der als Axe ermittelten Linie und entsenden zahlreiche Aeste in die Flexoren-Masse hinein, welche in ihrer Richtung dem Faserverlauf derselben folgen.

Andere Aeste treten durch die Foramina mesopterygii zur lateralen Fläche. Wir können die betreffenden Arterien passend, als Art. perforantes bezeichnen. Sie vertheilen sich in ähnlicher Weise in der Extensorenmasse, wie die entsprechenden Gefäße an der medialen Seite in den Flexoren.

Ferner ist ein grosses arterielles und desgleichen venöses bogenförmiges Gefäß vorhanden, welches auf der Innenseite genau der Flossenbogenlinie entsprechend verläuft und welches mit Gefäßen des propterygialen Gebietes zusammenzuhängen scheint. Die näheren Beziehungen dieses Arcus pterygialis konnte ich nicht ergründen. Vielleicht wird es mir später möglich sein, diese sehr lückenhafte Notiz über die Gefäße des Crossopterygium auszufüllen.

II. Crossopterygium und Archipterygium.

Nachdem wir die Anatomie der Crossopterygier-Brustflosse einer gründlichen Bearbeitung unterworfen haben, erwächst uns die Aufgabe, dieselbe mit anderen Fischflossen zu vergleichen, um ihre Phylogenese aufzudecken. Diese Aufgabe wird

als gelöst gelten können, wenn es gelungen sein wird, das Ausgangsstadium nachzuweisen, den Urzustand, von welchem aus das Crossopterygium gemeinsam mit anderen Fischflossen sich entwickelt hat und die Veränderungen anzugeben, durch welche das Crossopterygium seine Eigenthümlichkeiten erlangt hat.

Solehe Vergleichen wurden bisher fast gänzlich auf das Skelet beschränkt, und soweit dieses in Betracht kommt, finden wir in der Litteratur gute Vorarbeit. Vor allem ist durch GEGENBAUR's neueste Publikation hier ein so trefflicher Boden geschaffen worden, dass einem rascheren Fortschreiten die Bahn geebnet ist. Schwieriger steht es mit den Weichtheilen. Hier fehlt es noch fast gänzlich an durchgreifenden Untersuchungen der Muskulatur und Nerven der Brustflossen bei Selachiern, Dipnoern und Ganoiden. Hier kann vorläufig die Aufgabe, die Vergleichung des Crossopterygierbefundes bis in alle Einzelheiten mit dem der genannten Fischgruppen durchzuführen, nicht völlig gelöst werden. Dies wird unter Benutzung eines reicheren Ceratodus-Materials geschehen können, und es sollen daher die hierüber von anderer Seite her in Aussicht stehenden Untersuchungen abgewartet werden, bis dies Gebiet mit Erfolg und in grösserem Maassstab bearbeitet wird.

Es wird sich zeigen, dass durch Gründe, welche in den Thatsachen selbst liegen, der scheinbar grosse Mangel, welcher durch die fehlenden Vorarbeiten nahe gelegt ist, sich beim Anschluss des Crossopterygiums an niedere Zustände sich nicht so bemerkbar macht, als man a priori erwarten sollte.

Was nun das Skelet betrifft, auf welches wir in erster Linie angewiesen sind, so bin ich durch meine Untersuchungen vollständig zu denjenigen Anschauungen gelangt, welche GEGENBAUR neuerdings vertreten hat, ja ich glaube, in einigen Punkten seine Auffassung noch weiter stützen zu können durch manche, im vorigen Kapitel aufgedeckte Thatsachen.

In der Litteratur treten uns zwei verschiedene Auffassungen der Phylogenese des Crossopterygiums entgegen. Beide rühren von GEGENBAUR her.

Die ältere Auffassung wurde von ihm bei seinen Untersuchungen über die Brustflosse ausgesprochen und auf Grund derselben die Bezeichnungen eingeführt, welche sich bis heute erhalten haben. GEGENBAUR verglich die drei Hauptstücke des Polypterus-Flossenskelets mit den von ihm bei Selachiern als Pro-, Meso- und Metapterygium genannten Theilen. Diese Vergleichungsweise hat viele Anhänger gefunden und noch jetzt, nachdem sie von ihrem Urheber verlassen ist, findet sie sich bei manchen Autoren.

In seiner ersten Publikation über das Gliedmaassenskelet schliesst sich EMERY an die ältere GEGENBAUR'sche Deutung an; aber auch in seiner neuesten steht er noch vollständig auf demselben Boden, wahrscheinlich weil ihm bei der Abfassung derselben GEGENBAUR's neuere Arbeit noch nicht bekannt war. Die weiteren Ausführungen EMERY's über die Vergleichung der Polypterus-Flosse mit der anderer Fische betreffen namentlich die Homologie des Beckens.

Die uns hier spezieller interessirenden Punkte der Phylogenese der einzelnen Flossentheile werden an der Selachierflosse dargelegt, jedoch ohne Beziehung auf die Polypterus-Flosse.

Soweit ich ihn richtig verstehe, leitet EMERY das ganze Knorpelskelet von einem „Basale“ her, einem länglichen Knorpelstück, von dem aus sich Strahlen in den freien Theil der Flosse hinein entwickelten, wie das MOLLIER ontogenetisch nachgewiesen hat. Den theoretischen Folgerungen dieses Autors stimmt EMERY nicht bei.

Zu einem näheren Eingehen auf EMERY'S Schilderung liegt hier kein Grund vor, da für die Auffassung des Crossopterygiums sich nichts Neues daraus ergibt, und die von EMERY behandelten Fragen, die ganze Phylogenese der Flosse und des Beckens betreffend hier nicht in Betracht zu ziehen sind.

Eine Fortführung der älteren GEGENBAUR'Schen Ansicht finde ich auch bei POLLARD. Er bildet das Brustflossenskelet des Polypterus neben dem von Chlamodselachus nach GARMAN'S Schilderung ab und führt die Vergleichung der einzelnen Skeletstücke in konsequenter Weise durch.

Zweifel an der Richtigkeit seiner früheren Auffassung waren bei GEGENBAUR schon im Jahre 1873 aufgetaucht in jener bekannten Abhandlung, welche zum ersten Male das neu entdeckte Flossenskelet des Ceratodus für die Archipterygiumtheorie verwerthete.

Bekanntlich hatte GEGENBAUR einige Jahre vorher den Begriff des Urflossenskelets, des Archipterygium auf seine an der Hinterextremität der Selachier angestellte Beobachtung begründet und war dadurch zur Aufstellung eines uniserialen Archipterygiums gelangt. Durch die Auffindung der Ceratodusgliedmaasse erfuhr GEGENBAUR'S Theorie nicht nur eine überaus glänzende Bestätigung, sondern auch eine unerwartete Bereicherung. GEGENBAUR erkannte sofort, dass hier ein uralter Zustand vorliege und dass an die Stelle des uniserialen das biserialen Archipterygium gesetzt werden müsse. Von diesem neuen Standpunkt aus klärten sich leicht gewisse bei Selachiern schon früher erkannte Thatsachen auf; es wurden die Reste medialer Strahlen am Stamm der Flosse gefunden, oder vielmehr die schon früher gefundenen wurden nun in ihrer wahren Bedeutung erkannt; werthvolle Ergänzung erfuhr diese Seite der Frage später durch BUNGE. In einer ganz ausgezeichneten Weise wurde sodann durch die fossilen Befunde die Richtigkeit der neuen Beurtheilung der Selachierflosse bestätigt. Das Brustflossenskelet von Pleuracanthus und Xenacanthus, wie es FRIISCH beschrieben hat, zeigt in schönster Weise die allmähliche Reduktion der medialen Flossenstrahlen und vermittelt die Zustände der Dipnoer und Selachier.

Dazu kamen die fossilen Funde bei Crossopterygiern, welche in ihren alten Vertretern eine längere schmalere Brustflosse zeigen und durch die Anordnung ihres Dermalskelets ein ähnliches Knorpelskelet vermuthen lassen, wie es jetzt noch Ceratodus zeigt.

So musste denn die schon 73 geäußerte Vermuthung, es könne vielleicht „das Brustflossenskelet von Polypterus von einem gefiederten Archipterygium abgeleitet werden“, wobei der Flossenstamm durch die mittlere knorpelige Platte und ihr einst

biserial besetzter Rand durch den „hinten im Bogen geschweiften Rand“ repräsentirt würde — allmählich die Oberhand gewinnen.

In seiner neuesten Publikation über dieses Thema — eben jener, welche wie ich in der Einleitung erwähnte, mir den Anstoss zu der vorliegenden Arbeit gab, führt GEGENBAUR den neuen Ideengang vollständig durch und reiht das Archipterygium des Polypterus und Calamoichthys den anderen bisher bekannt gewordenen Formen dieser primitiven Skeletform ein.

Indem wir GEGENBAUR'S Auffassung folgen und zugleich die eignen, dieselbe zum Theil in schönster Weise bestätigenden Wahrnehmungen verwerthen, wollen wir in grossen Zügen den phylogenetischen Entwicklungsgang des „Crosso-Archipterygiums“ entwerfen.

Die Rechtfertigung einer solchen Ausdrucksweise dürfte nahe liegen. Da wir das Archipterygium in verschiedenen Fischgruppen sich eigenartig entfalten sehen, so scheint es mir berechtigt, von einem Dipno-Archipterygium, Selachio-Archipterygium, Crosso-Archipterygium und Amio-Archipterygium zu sprechen, wobei die verschiedenen phylogenetischen Stadien durch primär und sekundär unterschieden werden können.

Das primäre Crosso-Archipterygium.

Bei den fossilen Vertretern der Crossopterygier, die wir im Anschluss an ZITTEL, jedoch mit einer unserem Zweck entsprechenden Aenderung der Reihenfolge als Phaneropleurinen, Cyclodipterinen, Rhombodipterinen und Coelacanthinen unterscheiden, tritt uns die Brustflosse in einer mannigfaltigen Erscheinungsform entgegen. Wenn uns auch nichts erhalten ist als die äussere Form und das Dermal skelet, so können wir doch, wie das GEGENBAUR in vorzüglicher Weise durchgeführt hat, Rückschlüsse ziehen aus den erhaltenen Theilen auf solche, die nicht konservirt wurden.

„Da wir sonst überall das dermale Flossenskelet durch die Vermittelung von Radien des primären Flossenskelets dem letzteren angefügt sehen“, so dürfen wir aus der Anordnung der knöchernen Strahlen des Dermaltheils auf die Beschaffenheit der Actinalien — um meiner Nomenklatur mich zu bedienen — schliessen. Wir können aber noch weiter gehen. Durch das genaue Studium des recenten Objectes sind wir in die Lage versetzt, auch über andere im Myaltheil gelegene Bildungen wenigstens Vermuthungen zu äussern. Nicht nur für das Skelet gilt dies, bezüglich dessen ein biserialer Actinalienbesatz ein entsprechend geformtes Mesopterygium voraussetzt, sondern auch für die Muskulatur. Nehmen wir den gegenwärtigen Bestand und denken wir uns in ihm rückläufig die Veränderungen des Skelets sich vollziehend, so werden wir angeben können, wie etwa die Muskulatur im ältesten Stadium beschaffen gewesen sein mag. Da aber die Muskulatur wieder mit den Nerven in bestimmten Beziehungen steht, so wird der Spielraum bezüglich deren Beschaffenheit auch kein allzuweiter sein. Die Vergleichung mit anderen Archipterygium-Arten liefert eine treffliche Stütze für die Rekonstruktion des Urzustandes. Gerade die Ver-

schiedenheiten vom Dipno- und Selachio-Archipterygium verdienen dabei betont zu werden.

Als Ausgangsstadium wird eine jener langen schmalen Flossenformen zu betrachten sein, wie sie uns z. B. die Phaneropleurinen darbieten.

Wir haben ein Recht, diese langen Formen als die primitiven zu betrachten, weil wir überall in den älteren Zuständen auf dieselben hingewiesen werden und von dort aus durch Verkürzung die recente Gestalt hervorgehen sehen, nicht umgekehrt. HOWES neigt zu der Annahme, dass die recente Form der Crossopterygierflosse einen primitiven Zustand darstelle, ein Punkt, in welchem ich ihm nicht beistimmen kann.

Was die Lage betrifft, so ist ein bedeutender Unterschied vom recenten Befund nicht zu erkennen; der unmittelbare Anschluss an die Kiemenregion zeichnet auch den ältesten Zustand aus.

Die Form der Flosse erscheint als die eines abgeplatteten Stabes, an welchem wir einen Myal- und einen Dermaltheil unterscheiden können.

Der erstere wird vom letzteren fast vollständig umsäumt. Die Grenze beider, die Flossenbogenlinie besteht aus einem dorsalen und einem ventralen Schenkel, welche distal in spitzem Winkel in einander übergehen. Eine Flossenspitze ist äusserst scharf an beiden Theilen der Flosse markirt. Wir werden als Ruhelage eine solche zu betrachten haben, wie wir sie in übereinstimmender Weise an den Fossilien finden. Die Flossenlängsaxe war leicht schräg caudal und ventral gerichtet. Wir können eine laterale und eine mediale Fläche, einen dorsalen und einen ventralen Rand unterscheiden.

Die Ursprungslinie der Flosse vom Rumpf war sehr kurz und lief wohl schräg von dorsal und caudal nach ventral und cranial.

Geringe Verschiedenheiten sind am dorsalen und ventralen Rand angedeutet, indem am letzteren nur die dorsalen Skeletstrahlen etwas länger zu sein scheinen.

In dem ganzen geschilderten Habitus finden wir die trefflichste Uebereinstimmung zwischen den Crossopterygiern und den Dipnoern, namentlich wenn wir die Ctenodipterinen mit heranziehen. Bei *Ceratodus* findet sich die geringe Abweichung, dass der basale Theil der Flosse den dermalen Besatz vermissen lässt und dass sich Besonderheiten des ventralen Randes ausprägen (s. u.).

Ueber das muthmaassliche Skelet dieser Urform hat GEGENBAUR sich in vollständig erschöpfender Weise geäußert. Wo Dermal-Skelet, dort Knorpelstrahlen, wo Knorpelstrahlen, da eine Axe. So gelangen wir zum reinsten Schema des biserialen Archipterygium: Ein langer schmaler Knorpelstab trug in ganzer Länge auf beiden Rändern relativ kurze Radien, welche sich jedenfalls (nach *Ceratodus* zu urtheilen) ziemlich weit in den Dermaltheil hinein erstreckten.

Bezüglich ihrer Genese dürfte wohl das wenige, was wir über *Ceratodus* wissen, Geltung haben (SEMON): Der axiale Knorpelstab ist ontogenetisch das älteste,

er liess durch sekundäre Sprossungsvorgänge die Aetinalien hervorgehen. Wie sich aber phylogenetisch diese Dinge vollzogen haben, wollen wir nicht erörtern. Diese Frage gehört in das Gebiet der Ableitung der Extremität von anderen Organen, und auf diese soll hier nicht eingegangen werden.

Ob die knorpelige Axe gegliedert war, ist schwer zu sagen, ich möchte es aber mit Rücksicht auf *Ceratodus* für äusserst wahrscheinlich halten.

Die Muskulatur dieser Flosse muss eine äusserst primitive gewesen sein. Da die Endpunkte der Muskelfasern im Dermal skelet gegeben sind, so werden wir sie uns als Muskelmasse zu denken haben, welche der Längsaxe der Flosse entsprechend sich anordneten, nach den Rändern aber in der Richtung der Dermalstrahlen divergiren mussten. Wir haben nach dem recenten Befund volles Recht, auch für den Urzustand eine Sonderung in die laterale und mediale Flossenmuskulatur anzunehmen. Beide dürften sich einander gleichartig verhalten haben (vgl. die Untersuchungen DAVIDOFF's über die Muskulatur von *Ceratodus*).

Eine Vervollständigung und Bestätigung dieses Bildes werden uns durch *Ceratodus* geboten, denn auch hier sehen wir die entsprechende Scheidung der Muskulatur in einen *Musculus pterygialis communis lateralis* und *medialis* durchgeführt. Es tritt uns aber noch eine Besonderheit an diesem Objekt entgegen, dessen Bedeutung für die Crossopterygier nicht verkannt werden kann. Ich meine die Ausprägung einer Sonderung der Muskulatur in einzelne Folgestücke. Zwei Erwägungen bestärken mich in der Annahme, dass diese Eigenthümlichkeit in den Urzustand aufzunehmen ist. Einmal die grosse Aehnlichkeit des Flossen-Habitus, welche ähnliche mechanische Bedingungen für die Gliedmaasse eines Phaneropleuren oder *Holoptychius*, wie für *Ceratodus* voraussetzt. Ich betrachte also in Uebereinstimmung mit DAVIDOFF die Ausprägung solcher *Inscriptiones tendineae* als einen mechanisch erklärlichen Folgezustand der regelmässigen, in Anpassung an die gegliederte Axe sich vollziehenden Flossenbewegungen. Ferner geben mir verschiedene Vorkommnisse am recenten Material einen Anhaltspunkt, ich meine das Auftreten der Flossensepta, welche für die Anordnung der Muskulatur wichtig sind und deren Herkunft durch die Annahme alter Inskriptionen leicht verständlich würde.

Dies gilt auch von den Nerven, soweit deren Zustände bekannt geworden sind. Mir stand für die Brustflosse kein genügendes Material zu Gebote.

Wenn auch in der ganzen Anordnung der Muskulatur bei *Ceratodus* sich ziemlich primitive Zustände ausprägen, so sind doch im Einzelnen manche Komplikationen eingetreten. Aus diesem Grunde ist *Ceratodus* nur in beschränkter Weise für die Rekonstruktion der Urform zu verwerthen.

Die Mittheilungen DAVIDOFF's über die Beckenflosse zeigen recht bedeutende Komplikationen, gegen welche die Befunde der recenten Crossopterygier sich als sehr primitive ergeben. Aus diesem Grunde dürfen wir wohl annehmen, dass sie als eine ziemlich treue Fortführung alter Zustände aufzufassen sind.

In der geringen Anzahl ihrer Extremitäten-Nerven stimmen die lebenden Crossopterygier überein mit anderen weit abliegenden Gruppen, und daher wird ihnen eine primitivere Stellung zuzuweisen sein, als etwa den Selachiern, wo ja viele Nerven zur Gliedmaasse treten. Bezüglich der Verhältnisse der letzteren verweise ich auf die sorgfältigen Angaben von H. BRAUS. In diesen komplizirten Nervenverhältnissen dürften die Selachier mehr mit Dipnoern übereinstimmen.

Ich nehme also für den Urzustand ein ähnliches Verhalten der Nerven an, wie beim Polypterns, nur mit den nothwendigen Aenderungen der Lagebeziehung. Entsprechend der schmalen Form der Flosse, werden die Nervenstämme einander näher gelegen haben beim Uebertritt zur Flosse als jetzt; aber ihre Sonderung in dorsale und mediale Zweige dürfte wohl einen ganz alten Zustand repräsentiren, sowie ihre Verbreitung im mittleren Niveau der Muskelmasse, welche wohl noch kann eine Sonderung in oberflächliche und tiefe Schichten gezeigt haben werden.

Phylogese des sekundären Crosso-Archipterygium.

Der Umwandlungsprozess, welcher aus der oben geschilderten Urform das recente Crossopterygium hervorgehen liess, ist für die äussere Beschaffenheit der Flosse uns in mehreren Etappen erhalten geblieben. An die Phaneropleurinen schliessen sich die Cyclopteryginen an, unter welchen Glyptolepis bereits eine etwas verkürzte Flosse zeigt, und hieran reihen sich die Rhombodipteryginen. Osteolepis besitzt eine bedeutend kürzere Flosse als die anderen. Die Stellung derselben ist auch anders geworden. Indem sie mit dem distalen Ende mehr angehoben erscheint, die Flossenlängsaxe mehr der des Körpers sich nähert, werden Zustände angebahnt, wie sie uns im früheren Stadium des Calamoichthys begegnet sind. Auch scheint mir bei Osteolepis nicht mehr der ganze Flossenstamm mit Dermalstrahlen besetzt gewesen zu sein, doch ist dies wegen der Ueberlagerung der Flosse durch Operkulartheile schwer zu sagen; soviel aber ist sicher, dass der Dermaltheil relativ viel bedeutendere Dimensionen aufweist, als bei den bisher betrachteten Crossopterygiern. Von diesen vermittelt Osteolepis den Uebergang zu den Coelaeanthinen. Auf die Aehnlichkeit der Undina-Flosse mit derjenigen der recenten Crossopterygier hat GEGENBAUR bereits hingewiesen. Bei Undina penicillata scheint übrigens die Brustflosse bedeutend weiter caudal gerückt zu sein, als bei allen anderen Crossopterygiern, selbst als bei den Polypteryginen.

Die Längsaxe steht schräg caudal und ventral gerichtet. Die Flosse ist bedeutend verkürzt, mir scheint fast mehr als bei den Polypteryginen. Der Dermaltheil ist sehr mächtig, mächtiger fast als bei den modernen Formen. Eine etwas halb-kreisförmige Flossenbogenlinie sondert ihn vom nicht sehr grossen Myaltheil. In der leicht fächerförmigen Anordnung des Dermaltheils wird an junge Calamoichthysstadien erinnert. Dorsale und ventrale Theile des Dermalskelets differiren, dorsal sind kleinere Knochenstrahlen entwickelt, als ventral. Gleiches lässt sich auch bei

den recenten Formen nachweisen. Man sieht, dass *Undina* in einigen Punkten noch über die lebenden Formen hinausgeht. Jedenfalls haben wir eine ziemlich vollständige Reihe, als deren einen Endpunkt wir die jetzt lebenden Vertreter betrachten dürfen.

Die Eigenthümlichkeiten der Form und Stellung des *Crossopterygiums* sind durch die Vorfahrenzustände erklärt. Die Lagerung der Flächen als laterale und mediale ist eine uralte Einrichtung. Ich kann somit POLLARD nicht beistimmen, wenn er die laterale Fläche als die eigentlich ventrale und die mediale als eigentlich dorsale betrachtet.

Von der ursprünglichen Anordnung von Myal- und Dermaltheil, dem Einragen des ersten in letzteren erhält sich noch bei jungen *Calamoichthys* ein Rest. Die Richtung der Flossenlängsaxe ist allmählich am Körper angehoben worden, daher bietet der jüngste *Calamoichthys* darin einen primitiven Befund dar. Die Flossenbogenlinie ist aus der Vereinigung eines dorsalen und ventralen Randes entstanden.

Ihre distale Spitze, wie diejenige des Dermaltheils deuten nur noch an, wo einst die Hauptausdehnung der Flosse stattgefunden hat.

Einige Punkte der äusseren Form des *Crossopterygiums* bleiben durch die Phylogenese unerklärt. Ich meine die vom jüngsten *Calamoichthys* (Textfigur 1) angegebenen Eigenthümlichkeiten der Flossenplatte und der Ränder. Hier liegt offenbar eine Entwicklungsrichtung vor, die in anderem Sinne erklärt werden muss und wir werden sehen, wie dies geschehen kann (s. u.).

Wir kommen nun zum Skelet und für dieses sind wir wesentlich auf vergleichend-anatomische Betrachtungen des recenten Materials angewiesen. Wenn wir uns auch in dieser Richtung ganz an GEGENBAUR anschliessen können, so müssen wir doch die Hauptpunkte beschreiben.

Vom biserial mit Knorpelstrahlen besetzten Zustand eines Knorpelstammes aus müssen sich folgende Veränderungen vollzogen haben: Der axiale Stab muss sich verkürzt haben mit Rücksicht auf seine Längsaxe und muss sich in senkrechter Richtung dazu verbreitert haben. So wurde aus dem Knorpelstab die mittlere Knorpelplatte, das *Mesopterygium*. Dabei dürften eventuell vorhandene Gliederungen geschwunden oder undeutlich geworden sein.

Aus den Befunden am recenten Material schliesse ich, dass die Verbreiterung der Stammplatte wesentlich in dorsaler Richtung erfolgt ist. Die Besonderheit der Axe konnten wir ja noch an vielen Eigenthümlichkeiten der Flosse nachweisen. Mit dieser Veränderung musste eine Beeinflussung der Radien Hand in Hand gehen. Die dorsalen gewannen den Vorrang über die ventralen, in deren Bereich die Stammplatte sich weniger entfaltete.

In diesem Stadium etwa muss die weitere Veränderung eingetreten sein, welche einen Wendepunkt in der Geschichte des *Crossopterygiums* bezeichnet. Die beiden am meisten dem Rande der Stammplatte genäherten Radien vergrösserten sich und

wurden mehr und mehr von den übrigen verschieden. Welche Faktoren hierbei thätig waren, ist schwer zu sagen und wird auch von GEGENBAUR nicht erörtert. Im Schlusskapitel werde ich versuchen, eine Hypothese darüber vorzubringen; hier mag

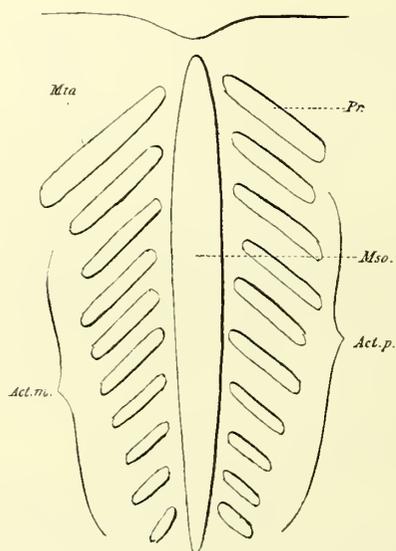


Fig. 20.

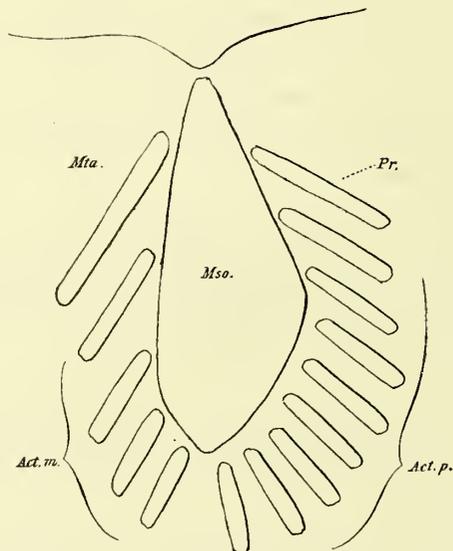


Fig. 21.

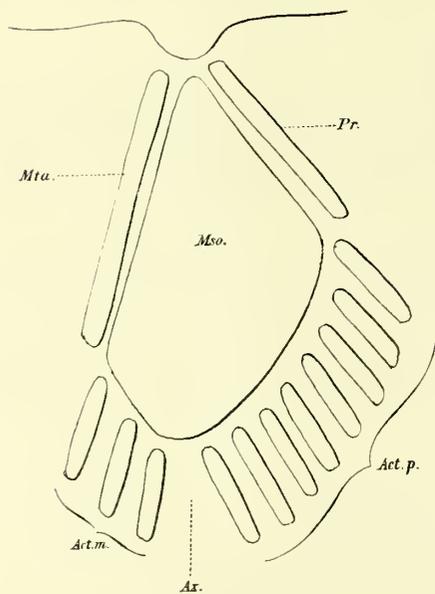


Fig. 22.

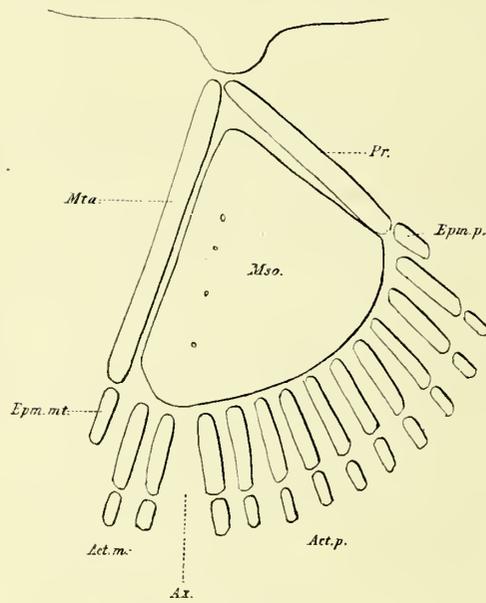


Fig. 23.

Schemata der Ableitung des Crossopterygium vom Archipterygium. Bezeichnungen wie auf den Tafeln.

der Hinweis genügen, dass diese Veränderungen wohl mit dem Uebergriff der Ossifikation auf tiefere Theile zusammenhängen, und dass den Randradien eine grössere Bedeutung als den „Binnenradien“, wie sie GEGENBAUR nennt, zu Theil wurde.

An der ganzen Ableitung der Marginalia von den anderen Strahlen, wie sie GEGENBAUR begründet hat, scheint mir nicht gezweifelt werden zu können. Ich habe im deskriptiven Theil die schon von GEGENBAUR beigebrachten Zeugnisse für Beziehungen der Marginalia zu den Actinalien nur bestätigen können, so dass dieser Punkt wohl als gesichert gelten darf. Dass das ventrale Marginale oder Metapterygium zu einer bedeutenderen Länge auswächst als das dorsale oder Propterygium dürfte mit der Nachbarschaft, welches ersteres mit axialen Theilen besitzt, in Zusammenhang stehen.

Fügen wir hinzu, dass diese Marginalien ihre Befestigung am Mesopterygium aufgeben und dieses aus der Verbindung mit dem Schultergürtel abdrängen, mit dem sie selbst nun in Beziehung treten, so haben wir das Stadium des Crossopterygiums erreicht, welches aus den recenten Befunden erschlossen werden konnte, als Ausgangspunkt weiterer Umformungen, welche sich innerhalb der Polypterinen, von Polypterus zu Calamoichthys fortschreitend, vollziehen und bezüglich deren ich auf das vorige Kapitel verweisen kann.

Schwieriger als beim Skelet ist es, sich über die Phylogenese der crossopterygialen Muskulatur zu äussern und dennoch müssen wir dies, wenn auch mit Vorsicht, versuchen.

Es handelt sich darum, den oben geschilderten und dem Ceratodus ähnlichen Urzustand in die vom Polypterus dargestellten Befunde überzuführen. — Wenn wir die Veränderungen des Skelets berücksichtigen, so scheint es mir in der That, dass einige Punkte der Muskulatur sich aufklären. Wir müssen die laterale und die mediale Muskulatur gesondert betrachten. Beide gehen ihre eigenen Wege.

Denken wir uns zunächst den lateralen Flossenmuskel vom Schultergürtel mit ausgedehnter Basis entspringend, so werden seine Züge zur Flosse hin leicht convergiren, um sodann zu den Radien und zum Dermal skelet wiederum leicht zu divergiren, wie man das ja auch bei Ceratodus sehen kann. Diese Anordnung muss mit der Verkürzung der Flosse und des Flossenstammes eine Veränderung erfahren. Die distale Insertionslinie der Muskelfasern wird zur „Flossenbogenlinie“ umgestaltet, und da die Anordnung der Fasern stets der des Dermal skelets entspricht, dessen Strahlen aber annähernd senkrecht auf der Bogenlinie stehen, so wird der distale Theil der Muskulatur eine typisch radiäre Anordnung gewinnen.

Anders sind die Schicksale der mehr proximal gelegenen Muskelmassen. Hier müssen eingreifende Veränderungen sich vollziehen im Zusammenhang mit den hochgradigen Verschiebungen der Skelettheile. Peripher gelegene Theile werden hier nach innen verlagert, indem sie auf einen gemeinsamen Zielpunkt — das Schultergelenk sich richten — die Marginalien. Ursprünglich ganz proximal gelagerte Theile erfahren eine bedeutende Verschiebung in distaler Richtung. Die Rückwirkung dieser Verschiebungen auf die Muskulatur muss eine doppelte sein. Durch die Verlagerung der Marginalien muss im proximalen Theil gleichsam eine Einknickung der ganzen Extremität erzeugt werden, und diese prägt sich schon äusserlich aus in

der Sonderung eines schmälern Stieltheiles von der Flossenplatte. An der Muskulatur aber macht sie sich geltend durch die scharfe Ausprägung der verschiedenen Verlaufsrichtung proximaler und distaler Muskelmassen — eine Verschiedenheit, die vorher nur leise angedeutet war. Als Grenze zwischen diesen proximalen und distalen Muskelzügen gewinnt eine der schon vorher gegebenen *Inscriptiones tendineae* erhöhte Bedeutung — wird zum lateralen Flossenseptum. So gelangen wir zum fertigen Zustand der Polypterinen, welcher uns die Einknickung der ganzen Muskulatur deutlich durch die Ausbildungen eines proximalen und eines distalen Theiles der lateralen Flossenmuskulatur zeigt. Im ersteren konvergiren die Faserzüge auf das Septum, im letzteren divergiren sie zur Flossenbogenlinie.

Die andere Wirkung muss die Sonderung einer oberflächlichen und einer tiefen Schicht gewesen sein. Den Factor hierfür möchte ich in der distalen Verschiebung des Mesopterygiums erblicken, welches die ihm zugehörnden Muskelfasern mit sich führte, und sie so von denen, die am Schultergürtel entsprangen, sonderte. —

Die gleiche Betrachtungsweise wird auf die Differenzirung oberflächlicher und tiefer Lagen auf der medialen Fläche der Flosse Anwendung zu finden haben. Viel schwieriger ist das Verständniss der Umwandlungen der oberflächlichen Theile eben dieser Muskulatur.

Die eigenthümliche Ausprägung des metapterygialen Theiles des Flexor könnte vielleicht mit der distalen Verschiebung des betreffenden Marginale in Zusammenhang gebracht werden. Für die anderen Theile wäre die Sachlage am einfachsten, wenn man sich das mediale Flossenseptum als eine alte, sehnige Bildung vorstellen könnte, welche — wie ja noch deutlich zu erkennen ist — längs der Flossenaxe in ganzer Länge derselben entfaltet war und von der aus sämtliche dorsale Muskelfasern entsprangen. Damit würde aber eine fundamentale Verschiedenheit des Urzustandes von *Ceratodus* postulirt werden, bei welchem die mediale Muskulatur der lateralen völlig gleicht. Wir können aber den *Ceratodus*zustand nur sehr mit Vorsicht für die Rekonstruktion des *Crossopterygier*-Urzustandes gebrauchen und dürfen daher für diesen eine von den Dipnoern verschiedene Anordnung der Muskulatur auf der medialen Fläche der Flosse vermuthen.

Was die Nerven betrifft, so habe ich schon gesagt, dass keine grossen Veränderungen vom Urzustand aus anzunehmen seien. Das einzige wäre die Verbindung des I. und II. Flossenerven und wohl auch die Verlaufsweise. Der starke bogenförmige Verlauf der Nerven an den Rändern der Flosse dürfte mit der Verlagerung der Marginalien in Beziehung zu bringen sein.

Was die Hauptpunkte betrifft, so dürfte das Postulat einer Ableitung des *Crossopterygium* von einem sehr einfachen Urzustande aus erfüllt sein; um die Eigenart der Polypterinen-Extremität hervorzuheben, wollen wir sie in Kürze vergleichen mit den Differenzirungen, welche das *Archipterygium* in anderen Abtheilungen der Fische erfahren hat.

Wir können das bisher Geschilderte als den Ausdruck einer Entwicklungsbahn betrachten, welche vom *Archipterygium* ausgeht. Die anderen von hier aus-

gehenden Bahnen sind von GEGENBAUR tabellarisch gesichtet worden. Sie interessiren uns hier nur als parallele Entwicklungsrichtungen zu denjenigen der Crossopterygier.

Das Verhalten dieser Bahnen zu einander bietet im Einzelnen noch manche der Lösung harrende Frage dar; es sind die Weichtheile noch nicht genügend in die vergleichende Bearbeitung der Flossen der Dipnoer und Selachier aufgenommen worden, namentlich soweit es sich um die Brustflosse handelt. Eine Fortführung der werthvollen DAVIDOFF'sehen Beiträge in dieser Richtung wäre sehr erwünscht. Durch diese werden sich auch einige, gerade Ceratodus betreffende Punkte aufklären, die mir noch nicht hinreichend klargestellt erscheinen, wie z. B. die eigenthümlichen Verschiedenheiten in Stellung und Bewegung der Flossen.

DAVIDOFF versucht ganz direkt die Selachierflosse von der der Dipnoer abzuleiten. HOWES ist dem entgegengetreten, und wenn ich auch seine Ansichten in vielen Punkten nicht theilen kann, so möchte ich doch auch das selbstständige Nebeneinander der Bahnen betonen, welche uns vom Urzustand einerseits zu den Dipnoern, andererseits zu den Selachiern führen.

Die Besonderheit der Dipnoer spricht sich schon darin aus, dass bei Protopterus nach PETERS und BUNGE die ventralen (medialen) Radian erhalten bleiben, während es bei den Selachiern die dorsalen (lateralen) sind, welche fast ausschliesslich die Hauptmasse der Flosse bilden. Hierzu dürfte vielleicht Ceratodus eine Vorstufe bilden, indem bei dieser Form eben dieselben Radian in stärkerer Entwicklung, wenn auch in geringerer Zahl, vorhanden sind, als die gegenüberliegenden. Lassen wir die dorsalen (lateralen) Radian fort, so gelangen wir zum Protopterus-Zustand, denken wir uns hingegen die ventralen rückgebildet, so führt uns dies zu den Selachiern. Diese letztere Reduktion ist durch die geringere Zahl der betreffenden Radian angedeutet, wie bereits DAVIDOFF betont hat.

Die Selachier-Reihe ist auch ohne Zuhilfenahme des Ceratodus durch die fossilen Formen (Pleuraecanthus, Xenaeacanthus) sehr vollständig markirt. Sie findet bei den Haien selbst ihre Fortführung und gipfelt in dem uniserialen Archipterygium.

Konvergente Bildungen treffen wir auch in anderen Abtheilungen an, so in dem streng uniserialen Archipterygium der Brustflosse von Amia. Bei dieser Form, wie in noch höherem Maasse bei Teleostiern überwiegt mehr und mehr der Dermaltheil in seiner Bedeutung über den Myaltheil.

Der Grund der einseitigen Entfaltung von Radian ist von GEGENBAUR in der veränderten Stellung der Flosse gesucht worden. Diese Stellung ist durch die horizontale Lage der Flosse gegeben, wobei der dorsale Rand zum lateralen, der ventrale zum medialen wird.

Diese „Schwimmstellung“ wird immer wieder in den verschiedenen Reihen der Fische realisirt. Schon bei den Dipnoern stellt sie sich ein, wo der junge Ceratodus nach SEMON's Abbildungen noch die primitive Flossenstellung hat, während an der Brustflosse des erwachsenen Thieres eine Annäherung an den Selachier-Zustand sich ausprägt. Bei Amiaden und Teleostiern kann man dasselbe beobachten. Noch zeigen

Jugendzustände von Physostomen eine der von *Amia* mehr gleichende, primitivere Flosseneinstellung.

Auch hier zeigt sich deutlich die vorherrschende Bedeutung des dorsalen Randes für die Funktion der Flosse; diese tritt stets hervor, mag sie durch innere Skelettheile oder durch besondere Entfaltung des Dermalskelets bedingt sein.

In gewissem Sinne ist diese Beeinträchtigung der ventralen Radien auch bei den Polypterinen unverkennbar, wenigstens hinsichtlich der Binnenradien; niemals aber wird bei ihnen die Schwimmstellung zur typischen Flossenlage, und in dieser Erhaltung der alten Flossenstellung dürfte ein für die Konservierung wenigstens einiger medialer Radien wichtiger Punkt gegeben sein. In der mächtigen Entfaltung eines derselben, des Metapterygium liegt das ausschlaggebende Charakteristikum der Brustflosse der Crossopterygier allen anderen Flossenbildungen gegenüber.

Die Entfaltung zweier Randradien findet sich nirgends wieder bei Fischen und muss daher als eine ganz eigenartige Entwicklungsrichtung betrachtet werden.

Auch die Beckenflosse der Crossopterygier theilt diese Eigenthümlichkeit nicht. Bezüglich derselben stehe ich ganz auf GEGENBAUR'S Standpunkt, welcher diese Flosse als eine rudimentäre Bildung beurtheilt. Sie hat nie das Stadium der „Marginalia“ durchlaufen, sondern ist offenbar schon in einem sehr niederen Archipterygium-Stadium durch die Ossifikation in einseitiger Weise fortgebildet worden, um dann einer allmählichen Reduktion zu verfallen, welche bei *Calamoichthys* vollzogen ist. Für unseren Zweck hat daher die Beckenflosse des *Polypterus* keine weitere Bedeutung.

III. Cheiropterygium und Ichthyopterygium.

Bereits in der Einleitung habe ich es ausgesprochen, in welcher Richtung ich die Lösung des uns hier beschäftigenden Problems der Ableitung der Landgliedmasse von niederen Zuständen anzustreben geneigt bin. Die bisher vorgebrachten Lehren werden wir nun im Einzelnen zu prüfen haben, das Unberechtigte derselben zurückweisen und das Berechtigte der bisherigen Versuche zu neuen Fragestellungen heranziehen müssen.

Da ich den einseitig ontogenetischen Versuchen, unsere Probleme zu lösen, eine Berechtigung nicht zuerkenne, so beschränke ich die historische Uebersicht auf die theils rein morphologisch, theils morphologisch und ontogenetisch durchgeführten Arbeiten. Es sind diejenigen von GEGENBAUR, HUXLEY, GOETTE, EMERY und POLLARD, die wir zu betrachten haben. Eine jede derselben enthält Punkte, die ich acceptiren muss und solche, denen ich mich nicht anschliessen kann. Nicht nur zeitlich, sondern auch sachlich ist es begründet, wenn wir GEGENBAUR'S Arbeiten voranstellen, da ihnen der Hauptantheil an allem bisher auf unserem Gebiete Geleisteten gehört.

Die erste wissenschaftliche Beantwortung der Hauptfrage wurde durch GEGENBAUR (1865) in seinen Untersuchungen über die Brustflosse der Fische gegeben: (p. 166) „Am Skelet der Vorderextremität der höheren Wirbelthiere lässt sich also die gleiche Einrichtung, wie am Metapterygium der Selaehier erkennen. Eine Folge von Skeletstücken, von denen die proximalen stärker sind als die distalen, bildet die Stammreihe, an welcher seitlich gegliederte Radien sitzen. Bei den Selaehiern sind dieselben zahlreicher. Die oberen Glieder der Stammreihe, vor allem das Basale tragen viele Radien. Bei den Amphibien tritt von jedem Glied der Stammreihe auch von dem aus dem Basale des Metapterygiums hervorgegangenen Humerus, nur Ein Strahl ab, der wieder gegliedert ist und wie die folgenden Strahlen einige seiner Glieder in plattenförmige Stücke ungewandelt zeigt, die zusammen einen besonderen Abschnitt bilden, den Carpus, von dem die Enden der Strahlen als Metacarpus und Phalangen hervorgehen.“

Eine bestimmte Ausarbeitung erfuhr dieser allgemeine Plan durch die Untersuchung des Flossenskelets der Enaliosaurier, welches GEGENBAUR damals als ein ziemlich primitives auffasste. An diesem Objekt begründete er seine Anschauung, wonach ein Stamm der Flosse gegeben sei in Humerus, Radius, Radiale, Carpale I und Metacarpale I, und dass von diesen aus Strahlen gehen, die sich leicht durch die Aufreihung der Carpalstücke ergeben. Es zeigte sich somit das Armskelet der Landwirbelthiere als ein uniserials Archipterygium, dessen Axe durch den Radius gelegt werden muss*).

Ein neuer Anstoss zur Revision dieser Frage wurde gegeben durch die Entdeckung des biserialen Archipterygiums bei *Ceratodus*. Dieser Befund musste auf die Beurtheilung der Landgliedmasse eine nachhaltige Wirkung ausüben. HUXLEY war es, welcher die Verwerthung der neuen Erkenntniss versuchte und die *Ceratodus*-flosse zur direkten Vergleichung mit dem Cheiropterygium — diese vortreffliche Bezeichnung wird hier von HUXLEY zum ersten Mal gebraucht — heranzog.

Im Allgemeinen mit GEGENBAUR'S Anschauungen übereinstimmend, versucht er nur die Axe anders zu legen und die biseriale Form im Cheiropterygium zu erkennen.

HUXLEY führt die Axe mitten durch das Cheiropterygium (p. 56): durch Humerus, Intermedium, Carpale III, Metacarpus III. Daran sitzen zwei Strahlenpaare auf jeder Seite, welche HUXLEY als prae- und postaxiale bezeichnet. Diese Orientirung nimmt er so vor, dass er die radiale Seite der Gliedmasse für die praeaxiale erklärt, eine Anschauung, die sich aus dem Umstande erklärt, dass HUXLEY die Horizontal-Stellung der Flosse für das Primitive hielt.

Die praeaxialen Strahlen sind: 1. Radius, radiale, Carpale I, Pollex. 2. Carpale II und zweiter Finger. Die postaxialen Strahlen sind: 1. Ulna, ulnare, Carpale V und fünfter Finger. 2. Carpale IV und vierter Finger.

*) Für diese Auffassung ist später auch BAUR eingetreten.

Durch HUXLEY'S Schrift veranlasst, nahm GEGENBAUR (1876) eine Revision seiner Lehre vor, wobei er im Wesentlichen seine früheren Anschauungen über die Beziehungen der Amphibien-Extremität zur Selachierflosse beibehielt, aber in der Anwendung der Archipterygiumlehre auf die Landgliedmasse im Einzelnen Aenderungen vornahm. Als Gründe gegen HUXLEY'S Auffassung führt GEGENBAUR an: einmal, dass die Axe zwischen den Vorderarmknochen durchgehen müsste, also dort, wo kein Skeletstiel liege. Das Intermedium dürfe man nicht hierfür in Betracht ziehen, da „es nie bis zum Basale (Humerus oder Femur) reicht, selbst nicht bei Ichthyosauriern, wo die bedeutendste Kürze der Stücke jene Beziehung am Möglichsten erscheinen liesse“.

Als zweiten Gegenstand führt GEGENBAUR die Duplicität des Centrale an, welchen Zustand er als einen ursprünglichen aufzufassen geneigt ist. Aus diesen Gründen möchte GEGENBAUR „die Vergleichung des vollständigen biserialen Archipterygium (resp. des Ceratodentypus) mit dem Gliedmassenskelet der höheren Thiere als mit den grössten Schwierigkeiten verbunden ansehen.“ Der Forderung HUXLEY'S, dass die Stammreihe, wenn überhaupt durch einen der Knochen, eher durch die Ulna, als durch den Radius gelegt werden müsse, gesteht GEGENBAUR Berechtigung zu und zwar aus zwei Gründen: Zunächst sind es Betrachtungen allgemeinerer Art über die Stellung der Flossen, in welchen GEGENBAUR HUXLEY folgt. Ein zweiter, sehr wesentlicher Grund beruht für GEGENBAUR in einem Befund am Intermedium (pag. 405). GEGENBAUR konnte „an Larven bei etwas mehr differenzirtem Skelet eine unverkennbare Beziehung des Intermediums zur Ulna an der vorderen, wie zur Fibula an der hinteren Gliedmasse“ konstatiren, „so dass ein Blick vorzüglich auf letzteres Objekt genügt, um die darin sich kundgebende laterale Verbindung der Radien mit einer durch die Fibula sich erstreckenden Axe der Gliedmassen erkennen zu lassen“. Zugleich verweist GEGENBAUR auf WIEDERSHEIM'S Abbildungen vom Carpus und Tarsus mehrerer Salamandrinen. „Wer die Formerscheinungen nicht für gleichgiltig ansieht, sondern sie als durch ursprünglich ausser ihnen gelegene Causalmomente entstandene demnach als gesetzmässig bedingte beurtheilt, wird in jenem Verhalten des Intermedium Beziehungen erkennen müssen, die auf eine Anfügung dieses Stückes an die Fibula schliessen lassen.“

So gelangt er zur Aufstellung von vier Reihen, deren erste durch Tibia, Tibiale, Tarsale 1 führt, die zweite von der Fibula durch Intermedium, Centrale Tarsale 2, die dritte vom Fibulare aus durch Centrale, Tarsale 3, die vierte vom Tarsale 5 durch Tarsale 4, während der Stamm sich durch Fibula, Fibulare, Tarsale 5 in die Phalangen des fünften Fingers festsetzt.

Nach alledem hält GEGENBAUR die Ableitung des primitiven Gliedmassenskelets der höheren Wirbelthiere vom Flossenskelet der Selachier vollständig aufrecht. Als triftigen Einwand gegen diese Auffassung kann GEGENBAUR nur den Nachweis anerkennen, „dass in jenem zum grossen Theil noch bei den Amphibien vollständig existirenden primitiven Skelet kein dem“ von ihm als Flossenstamm bezeichneter Komplex erkannt werden könne, und dass „die Anordnung der übrigen Stücke nicht auf diesem Stamme angefügte Radien (Strahlen) beziehbar sein“ (pag. 406).

Was die Stellung von Flosse und Cheiropterygium betrifft, so stimmt GEGENBAUR im Ganzen mit HUXLEY überein. Er hält für die Selachierflosse mit Recht diejenige Stellung für die ursprüngliche, in welcher der Stamm (das „Metapterygium“) ventral liegt. In dieser Lage gehen die Strahlen in dorsaler und caudaler Richtung. Die Uebereinstimmung mit der Landgliedmasse soll nun dadurch zu Stande gebracht werden, dass die Selachierflosse ventralwärts umgeschlagen würde. Dann „läge das Metapterygium oben, entspräche dem Umrande“. „So dürfte bei aller Verschiedenheit, welche diese beiden von einander entfernten Typen darbieten, doch das Gemeinsame zu erkennen sein, und die höhere Form mit der niederen sich verknüpfen lassen“. —

Den bisher besprochenen Arbeiten können wir zwei andere ontogenetische anreihen, welche mehr oder weniger bestimmt die gleiche Richtung einschlagen, es sind die beiden Untersuchungen von GOETTE und STRASSER über die Entwicklung des Extremitäten-Skelets der Amphibien. Hinsichtlich der Frage, inwieweit die Ontogenese eine Bestätigung für die Richtigkeit der GEGENBAUR'schen Anschauungen liefert, gelangt STRASSER zu einem weniger bestimmten Resultate als GOETTE. Immerhin sind die Worte des ersteren sehr bemerkenswerth: „Die gewonnenen Thatsachen widersprechen nicht direkt der Archipterygiumtheorie; namentlich erscheint eine Uebereinstimmung zwischen der Entwicklung einer Flosse und einer von Gefässen durchbohrten axialen Gewebsplatte recht wohl möglich zu sein“. Freilich fügt er hinzu: „Die postulierte radiäre Anordnung zu einer Stammreihe ist in früheren Embryonalstadien weniger deutlich als in späteren“. GOETTE schliesst seine überaus wichtige Publikation mit den Worten: „Als Hauptergebniss meiner Untersuchungen darf ich aber bezeichnen, dass es mir, wie ich hoffe, gelungen ist, auch in der individuellen Entwicklungsgeschichte eine Bestätigung und im Einzelnen sogar eine nähere Begründung einer der bedeutendsten Theorien in der Morphologie der Wirbelthiere, der Archipterygium-Theorie GEGENBAUR's zu finden.“

Da wir auf die Einzelheiten der GOETTE'schen Resultate noch öfter einzugehen haben werden, so mögen hier nur die Hauptpunkte hervorgehoben werden, in welchen GOETTE die frühere Theorie ergänzt. Auf Grund der in der Ontogenese sich ausprägenden Anordnung der Carpal- resp. Tarsalstücke in drei Strahlen, einem radialen und zwei von der Ulna ausgehenden, gelangt GOETTE dazu, die Axe (Taf. V Fig. 48) durch die Fibula und durch den II. Finger zu legen. In ersterem Punkte also mit GEGENBAUR's zweiter Theorie übereinstimmend, weicht er in anderen davon ab. Damit ist eine Art von biserialen Archipterygiums gegeben, dessen Stamm auf der einen Seite einen, auf der anderen drei Strahlen trägt. Ein ventraler Strahl geht durch den Radius (Tibia) und den I. Finger. Von den dorsalen betrachtet GOETTE als selbstständig die durch den III., IV. und den Rest eines VI. Fingers, während er den V. Finger als Abgliederung dem IV. zutheilt. Was die primitive Extremitätenstellung betrifft, so tritt GOETTE mit Recht HUXLEY's Anschauungen entgegen und huldigt solchen, wie ich sie im vorigen Kapitel für die Fische vorgebracht habe. Mit Recht fragt er: „Wenn von allen bekannten Gliedmassen der Vertebraten diejenigen

des *Ceratodus* nach ihrem Bau anerkanntermaassen die ursprünglichsten sind, warum sollen ihre gewöhnlichen Lagebeziehungen nicht zum Ausgangspunkte für die Bestimmung aller übrigen genommen werden? Geschieht dies aber, so haben wir von einer sagittalen Stellung der nach hinten gerichteten Extremität auszugehen.“ Auch seine weiten Ausführungen, durch welche er das Sekundäre der Horizontalstellung der Extremitäten darthut, treffen ganz das Richtige. —

Die alte HUXLEY'sche Auffassung hat neuerdings in HATSCHKE einen Vertheidiger gefunden. Ohne auf die inneren Theile einzugehen, sucht er die Haltung von Flosse und Cheiropterygium in ihrer ursprünglichen Beschaffenheit aufzuklären: (pag. 85) „Wir werden also die beiden Typen der Extremitäten nur in einer bestimmten Stellung mit einander vergleichen und zwar in der Abwärtsstellung oder — da uns dies zu demselben Resultate führt und dabei theoretisch richtiger und praktisch anschaulicher ist — in der Horizontalstellung, wobei wir die Thiere in der identischen Lage etwa von der Bauchseite aus betrachten.“

Diese Sätze sind auch in das Lehrbuch von WIEDERSHEIM übergegangen, der sie, wie es scheint, vollständig acceptirt. Wir werden unten auf dieselben zurückzukommen haben.

Auf den in neuerer Zeit von WIEDERSHEIM unternommenen Versuch, das Cheiropterygium mit den Flossen zu verknüpfen, möchte ich hier nur kurz eingehen, da ich offen bekennen muss, dass ich weder den Boden, auf dem diese Lehre ruht, noch die Art ihrer Durchführung als berechtigt anerkennen kann.

Für überaus ungünstig halte ich den gewählten Ausgangspunkt — die Beckenflosse gewisser Knorpelganoiden, deren rudimentäre Natur bei *Polypterus* so klar zu Tage tritt — für durchaus nicht überzeugend, ferner halte ich den Modus, wie die Ableitung der Landgliedmassen von der Stöhr-Beckenflosse unter Annahme des Schwundes einiger Radien vorgenommen wird. „Stellt man sich nun vor, dass unter gleichzeitiger Drehung der Extremität durch das Ansetzen und Anstemmen des Flossenrandes auf einer festen Unterlage ein Reizzustand gesetzt wurde, so ist es nicht undenkbar, dass jene distale Zone des Knorpelskeletes mit einem kräftigen Sprossungsprozess, welcher zur Bildung eines Fusskeletes führte, darauf reagierte.“ Diesen Anschauungen kann ich ebensowenig folgen, wie denjenigen desselben Autors über die Phylogense des Beckens. —

Das Verdienst, eine ganz neue Richtung in der Anwendung der Archipterygiumstheorie auf das Cheiropterygium inauguriert zu haben, gebührt EMERY. Sein im Jahre 1887 im zoologischen Anzeiger veröffentlichter Artikel war früher von mir nicht beachtet worden, als ich unabhängig davon auf ähnliche Ideen kam. Wenn auch im Einzelnen manche grosse Differenz zwischen EMERY und mir besteht, so muss ich doch es voll und ganz anerkennen, dass er der erste gewesen ist, welcher die Bedeutung der Crossopterygier für unser Problem erkannt hat.

In jenem älteren Aufsatz vergleicht er die *Polypterus*-Flosse noch in der älteren GEGENBAUR'schen Weise mit der Selachierflosse (s. o.). Mit Recht schliesst er dann, dass im Crossopterygium allmählich das Mesopterygium vom Schultergelenk

ausgeschlossen wurde. Durch die unvollständige und ungenaue Abbildung PARKER'S verleiht (s. o.!), nimmt er an, es sei bei Calamoichthys allein das Propterygium mit dem Schultergürtel gelenkig verbunden; „es könnte hier bereits von einer Articulatio gleno-humeralis die Rede sein, falls nachgewiesen würde, dass der Humerus aus dem Propterygium entstammt.“ —

Er fährt fort (pag. 187): „Ich nehme an, dass bei schlammbewohnenden Fischen zur freieren Beweglichkeit des Schultergelenkes eine Verkleinerung seiner Fläche nützlich wurde. Es wurde zuerst das Mesopterygium, dann noch eines der beiden anderen Elemente des Basipterygiums vom Gelenke ausgeschlossen. Durch Verschiebung des Propterygiums dem Metapterygium entlang (oder umgekehrt) und Abgliederung des mit dem Schultergürtel in Berührung gebliebenen Theiles entstand ein Humerus. Das Propterygium bildete proximal den Radius, distal das Radiale carpi; gleicherweise entstanden aus Metapterygium Una und Unare carpi. Aus dem Mesopterygium leite ich das Intermedium und die Centralia ab.“

EMERY vertritt hierbei die HUXLEY'SCHE Anschauung von der Stellung der Gliedmassen. Bezüglich des Intermedium verweist er auf Fälle, in welchen sich dasselbe, wie z. B. bei Sauronodon und Ichthyosaurus, bis zur Berührung mit dem Humerus resp. Femur zwischen die Knochen des Vorderarms resp. Unterschenkeinschiebt. „Die Carpalia der distalen Reihe sind wahrscheinlich wie die Metacarpalia und die Phalangen auf die Knorpelstrahlen der Flosse (Basalia) zu beziehen und von diesen abgliedert zu denken.“

EMERY „erkennt also im Cheiropterygium weder Aeste noch Hauptstrahl: also auch keinen Unterschied von praeaxialen und postaxialen Strahlen.“ Das Flossenskelet von Ceratodus hält er für eine bereits nach der Humerusbildung vom Crossopterygium sich abzweigende Form. In GOETTE'S Resultaten findet EMERY eine gute Bestätigung seiner crossopterygialen Hypothese.

Die sekundäre Gliederung des Centrale stimmt viel besser mit seiner Theorie, als die Annahme der primitiven Doppelnatur dieses Skeletstückes.

Diese wichtigen Mittheilungen EMERY'S wurden sehr wenig beachtet. Der einzige, der sie aufnahm, war POLLARD. Die Aeußerungen desselben über die Stellung des Crossopterygium zur Selachierflosse haben wir schon betrachtet. Die Vergleichung des Crossopterygium und Cheiropterygium führt er an der Hand zweier Abbildungen durch, deren eine die Polypterusflosse, die andere das Vorderarm- und Handskelet von Raudodon nach WIEDERSHEIM darstellt. POLLARD schliesst sich zwar im Ganzen an EMERY an; aber in einigen Hauptpunkten modifizirt er dessen Lehre. Mit Recht betont er, obwohl es nicht genügend ausgeführt wird, dass wenn überhaupt die beiden Raudknochen des Polypterus mit denen des Vorderarmes verglichen werden, die Una mit dem Propterygium, der Radius mit dem Metapterygium in Parallele zu setzen sei. „The mesopterygium forms probably the intermedium and centralia and the chief foramen in the ossified part represents the intercarpal foramen.“ Die Metacarpalien und Phalangen werden von den Actinalien und Epactinalien (meiner Nomenklatur) abgeleitet.

„From the above it is seen there is great probability, that the Pentadactyle hand is derived from a Crossopterygian fin.“ Die Hauptschwierigkeit erblickt POLLARD nicht mit Unrecht in der Frage nach der Homologie des Humerus. Für diese hat er eine neue, von EMERY abweichende Theorie ausgebildet, die freilich, wie er selbst gesteht, mit Schwierigkeiten verbunden ist. Während EMERY versucht hatte, den Humerus vom Extremitätenskelet abzuleiten, erblickt POLLARD sein Homologon in einem Theil des Schultergürtels. Der Gelenkkopf und seine knorpeligen Nachbartheile sollen sich beim Uebergang vom Wasser- zum Landleben zwischen den ossifizirten Theilen des Schultergürtels herausgelöst und so ein selbstständiges Skeletstück geliefert haben. Das Schultergelenk des Polypterus wäre somit dem Ellbogengelenk des Cheiropterygiums homolog.

Auf eine Vergleichung der Muskulatur und Nerven geht POLLARD ebensowenig ein, wie es EMERY gethan.

In einer neuen Publikation, deren Zusendung ich der Güte des Verfassers verdanke, hat EMERY noch einmal das uns beschäftigende Problem in Angriff genommen und hat seine Stellung zu POLLARD's Ansichten dargelegt. Zum Theil acceptirt er die von jenem vorgeschlagenen Aenderungen, zum Theil bleibt er aber auch auf dem früheren Standpunkt. In anderer Hinsicht hat er selbst seine Meinungen modifizirt. Bezüglich des Humerus giebt EMERY seine frühere Meinung auf und schliesst sich der Hypothese POLLARD's an. Die Homologie des Pro- und Metapterygiums hingegen hält er in der alten Weise gegen POLLARD aufrecht.

Den ontogenetischen Zusammenhang zwischen den Centralien, Intermedium und Fibulare hält EMERY für ein palingenetisches Faktum, welches ihn in der Ableitung dieses Skeletkomplexes vom Mesopterygium des Polypterus bestärkt. Diesem rechnet er neuerdings auch das Ulnare zu, welches er früher von seinem „Metapterygium“ abgeleitet hatte. Die distalen Carpalien und Tarsalien hatte er früher als Abgliederungen der Basen von Radien betrachtet; jetzt glaubt er nicht mehr eine so scharfe Grenze zwischen dem Mesopterygium und seinen Strahlen ziehen zu sollen. „Nelle forme attuali, i carpali distali sono differenziati in rapporto coi singoli raggi, alla cui base possono essere opportunamente referiti.“

Von Einzelheiten der Vergleichung sei das Foramen im Mesopterygium des Polypterus erwähnt, welchem EMERY dasjenige im Carpus gleichsetzt, welches sich zwischen Ulnare und Intermedium befindet.

Sehr bemerkenswerth sind ferner die Versuche, die soviel diskutirten Fragen des Praepollex und Praehallux durch die Crossopterygium-Theile zu beleuchten — Punkte, auf die wir im Folgenden noch wiederholt zurückkommen müssen.

Das Gesammturtheil EMERY's über das Crossopterygium liegt in folgenden Worten (pag. 20): „Sarebbe follia pretendere di ritrovarvi un vero stadio della filogenesi del chiropterigio; bisogna piuttosto considerare questo pesce interessantissimo (d. i. Polypterus) come la terminazione di un ramo collaterale, staccatosi dal tronco dal quale seno discesi gli Stapediferi, ed in cui troviamo conservati alcuni caratteri dell' antico stipite.“

Eine der Hauptschwierigkeiten, welche sich der Verknüpfung von Ichthyopterygium und Cheiropterygium entgegenstellen, ist die Abgeschlossenheit, in welcher uns die letztere Form der Gliedmasse allenthalben entgegentritt. Diese ist so gross, dass es kaum einer besonderen Definition des Cheiropterygium - Begriffes bedarf. Dennoch müssen wir, wenn wir dieses zweite Vergleichungsobjekt mit dem ersten, der Flosse, in Parallele setzen wollen, einen von allen nebensächlichen Dingen befreiten Typus aufstellen, mit dem fortan gerechnet werden muss.

Das Material, aus welchem dieser „Urzustand des Cheiropterygiums“ gewonnen werden muss, ist ein ungeheuer grosses. Wir haben dafür nicht nur die erwachsene, sondern auch die ontogenetische, nicht nur die vordere, sondern auch die hintere Extremität zu verwerthen. Daraus erwachsen Schwierigkeiten, denen in erster Linie durch eine rationelle Nomenklatur abgeholfen werden kann und muss. EMERY hat in dieser Reform den Anfang gemacht und zum Theil gute, praktische, für vordere und hintere Extremität gemeinsam geltende Bezeichnungen für das Skelet eingeführt. Ich werde dieselben zum Theil acceptiren; es lässt sich aber nicht vermeiden, dass einige meiner Benennungen mit den seinigen in Kollision gerathen. Ich halte es für das beste, die neuen Namen so sehr wie möglich einzuschränken. EMERY hat darin nach meiner Meinung zuviel des Guten gethan.

Bei der Aufstellung des cheiropterygialen Urtypus wollen wir nur die Hauptpunkte darlegen, über welche Meinungsverschiedenheiten nicht gut möglich sind, um einen Boden zu gewinnen, auf welchem eine rationelle Vergleichung ohne Schwierigkeit geschehen kann.

Wir folgen hierbei derselben Disposition, wie wir sie oben bei den Flossenbildungen durchgeführt haben. —

Was die äussere Form und die Lage des Cheiropterygiums im Urzustand betrifft, so stelle ich mir dieselbe als eine in der Richtung der Körperlängsaxe ausgedehnte, sagittal gestellte Platte vor, an welcher eine mediale und laterale Fläche, ein dorsaler und ventraler Rand zu unterscheiden sind. Beide gehen distal in einander über in einer durch freie Fortsätze ausgezeichneten Partie. Dass diese Stellung des Cheiropterygiums die ursprüngliche ist, geht aus der den Embryonen der verschiedensten Abtheilungen zukommenden anfänglichen Lage der Extremität ganz deutlich hervor. So finden wir es bei den Amphibien, desgleichen bei den Sauropsiden und den Mammalien. Das einzige, was variiert, ist die Richtung der Extremität, der Winkel, den die Längsaxe ihres distalen Theils mit der Körperlängsaxe bildet, und dieser hängt mit der Entfaltung der Ellenbeuge und Kniebeuge zusammen. Damit aber sind schon Differenzirungen gegeben, von denen wir hier abstrahiren müssen. Im ursprünglichsten Zustand müssen wir uns die Extremität als eine einheitliche Platte ohne besondere Abknickung vorstellen. Diese prägt sich erst mit der Verlängerung eines besonderen proximalen, ursprünglich sehr kurzen Theiles aus.

Die terminale Gliederung sehen wir ebenfalls erst allmählich sich entfalten. Ontogenetisch ist die Gegend des II. Fingers zuerst differenziert, und giebt sich dadurch als etwas Besonderes kund. Eine die Finger mit einander verbindende Haut darf wohl gleichfalls in den Begriff des Urzustandes mit aufgenommen werden. Als einzige Gliederung innerhalb der Gliedmasse dürfte die Absetzung einer distalen Platte von einem proximalen Theil oder dessen Extremitäten-Stiel zu gelten haben.

Für das Skelet ist der Urzustand so klar vorgezeichnet, dass wir hier im Wesentlichen nur die neue Nomenklatur anzuführen haben. An den Schultergürtel wird die Gliedmasse durch ein stielartiges Skeletstück angeschlossen, für welches ich den von EMERY gefundenen gemeinsamen Namen: „Stylopodium“ vorschlage. Darauf folgen die beiden Skeletstücke, welche HAECKEL*) mit dem guten Namen des „Zeugopodium“ zusammengefasst hat. Leider aber hat er für jedes der beiden Stücke keine besonderen Namen eingeführt, und so bleibt nichts übrig, als auch hier der recht treffend gewählten Nomenklatur von EMERY zu folgen, mit der einzigen, durch die Differenz unserer Anschauungen über die ursprüngliche Stellung der Gliedmassen gegebenen Aenderung, dass ich Ulna und Fibula als „Propodium“ und Radius, sowie Tibia als „Metapodium“ bezeichne, während EMERY, gerade so wie bei den Flossenbildungen (s. o.!), beide Bezeichnungen mit einander vertauscht.

Der nächste Abschnitt des Extremitätenskelets — Carpus und Tarsus — ist von HAECKEL als Basipodium zusammengefasst worden. — Auch hier möchte ich EMERY folgen und seinen Ausdruck „Mesopodium“ übernehmen.

Die vom Basipodium getragenen Strahlen nenne ich im Anschluss an EMERY Actinalia.

Für die weiter distal folgenden Skeletstücke kann der frühere gemeinsame Name der Phalangen beibehalten werden.

Ueber die Einzelheiten dieses Urzustandes des cheiropterygialen Skelets hätten wir Folgendes hinzuzufügen.

Die Beschränkung der Strahlen auf fünf ist eine so allgemeine Erscheinung, dass sie wohl auch für den Urzustand angenommen werden muss. Trotzdem können wir jene immer wieder und von der verschiedensten Seite auftauchenden Zeugnisse für Komplikationen am dorsalen und ventralen Rand des Mesopodium nicht ignoriren, welche in den Theorien von Praepollex und Postminimus ihren Ausdruck gefunden haben. Dass an den betreffenden Punkten irgend eine auf Strahlenbildungen beziehbare Eigenart des Skelets vorliegen musste, kann nicht gut geleugnet werden. Andererseits sind alle Versuche, besondere Fingerbildungen hier nachzuweisen, so wenig geglückt, dass man für den Urzustand die fünf Finger beizubehalten hat, mit dem Vorbehalt, dass am propodialen und metapodialen Rand den Fingern ähnliche Bildungen existirt haben können.

*) Systematische Phylogenie der Wirbelthiere. Berlin 1895.

Eine fernere, ganz konstante Eigenthümlichkeit der Skeletanordnung, mit welcher bei Konstruktion des Urzustandes gerechnet werden muss, ist die offenbare nähere Beziehung des Mesopodiums zum Propodium als zum Metapodium. Auf diese Erscheinung hatte schon GEGENBAUR Gewicht gelegt. Das Einragen des Mesopodiums zwischen die beiden Stücke des Zeugopodiums ist gleichfalls als ein alter Charakter anzusehen; denn er tritt uns in den alten Zuständen der Gliedmasse besonders deutlich entgegen und geht allmählich in eine mehr distale Verlagerung des Mesopodiums über.

Inwiefern ontogenetische Befunde, welche eine ontogenetische Kontinuität gewisser Skelettheile bezeugen, phylogenetisch verwerthbar sind, lässt sich aus dem Objekt heraus nicht entscheiden. Immerhin wird zu erwägen sein, ob die Kontinuität des Stylopodiums mit dem Zeugopodium, sowie die einheitliche Anlage eines grossen Theils des Mesopodiums nicht palingenetische Erscheinungen repräsentiren.

Wir kommen zur Muskulatur und damit zu einem Gebiete, auf welchem für die einheitliche Auffassung der cheiropterygialen Zustände bisher so gut wie gar nichts geschehen ist.

Das Problem, den gemeinsamen Ausgangspunkt für die Muskulatur der vorderen und der hinteren Extremität zu finden, ist bisher nicht gelöst worden.

Bei der Rekonstruktion des Urzustandes der Muskulatur kann es sich nur um ein ganz allgemein gehaltenes Uebersichtsbild der Anordnung handeln, welche als Vergleichungsobjekt für die in jedem Falle ziemlich ungegliederte Muskulatur einer Flosse dienen soll.

Seit längerer Zeit mit den Gliedmassenmuskeln der Amphibien beschäftigt, möchte ich hier nur einige Punkte hervorheben, welche meines Erachtens dem betreffenden Urzustand angehört haben, während alle genaueren Erörterungen dieser schwierigen Fragen an anderem Orte erfolgen sollen.

Bringt man das Cheiropterygium in die alte, ursprüngliche sagittale „Flossenstellung“ unter Aufhebung aller Winkel und sonstigen Komplikationen, so finden wir an der Muskulatur der beiden Extremitäten auf der lateralen Fläche wichtige Uebereinstimmungen. Die Mitte der Extremität wird von einer (dem Gliedmassenwinkel entsprechenden) Bindegewebsmasse eingenommen, zu welchem hin Muskeln vom Gürtel sich erstrecken, und von welchem aus Muskelmassen zu den distalen Theilen divergiren.

Die erstere Muskelmasse ist in den niederen Zuständen mehr einheitlich für die hintere Extremität, während die vordere eine Sonderung in zonestylopodiale und stylo-zeugopodiale Masse erkennen lässt. Nehmen wir den mehr ungegliederten Befund als den primitiven an, so gelangen wir zu dem Resultat: Für die laterale Cheiropterygialmuskulatur charakteristisch ist die Sonderung in einen proximalen Theil und einen distalen Theil. Der erstere umfasst Muskelmassen, welche distalwärts zu einem

„Septum“ konvergiren, der distale solche, welche von eben diesem Theil aus zur Actinal-Phalangeal-Grenze hin divergiren.

Die distale Masse stellt einen Extensor dar, dessen weit verbreitete Sonderung in oberflächliche und tiefe Theile vielleicht mit in den Urzustand aufgenommen werden muss. Das Gleiche gilt von dem ihm auf der medialen Fläche entsprechenden Flexor.

Die proximalen Theile der medialen Fläche werden von Muskelmassen eingenommen, welche vom Gürtel aus zum Metapodium und dessen Nachbarschaft sich erstrecken und welche nicht unmittelbar mit dem Flexor in eine Gruppe vereinigt werden können.

Dies sind einige Hauptpunkte, die für die Vergleichung des Cheiropterygiums und Ichthyopterygiums von Bedeutung sind. Lassen sie sich bei irgend einer Form des letzteren wiederfinden, so erwächst daraus eine starke Stütze für die Homologisirung der Skelettheile, wo nicht, so wird die Möglichkeit einer Verknüpfung bedeutend geschwächt.

Die Nerven des Cheiropterygiums lassen trotz aller Mannigfaltigkeit im Einzelnen soviel Gemeinsames erkennen, dass die Rekonstruktion des Urzustandes keine Schwierigkeiten hat.

Eine geringe Anzahl ventraler Aeste von Spinalnerven, und zwar vier bis fünf, vereinigten sich zu einem Plexus, aus welchem — die Gliedmasse in der ursprünglichen Lage gedacht — laterale und mediale Nerven hervorgingen zur Versorgung der entsprechenden Muskelmassen. Für die vordere Extremität, und mit dieser rechnen wir in erster Linie, sind sehr weit cranial gelegene Nerven als die Bildner des Plexus zu betrachten. —

Da Niemand bezweifelt, dass die Plexusbildungen etwas allmählich Gewordenes darstellen, so muss für den Urzustand die Möglichkeit offen gelassen werden, dass in demselben die Plexusbildung noch nicht vollständig eingetreten war. Auch könnte die Zahl der Plexus-Wurzeln geringer sein; dass sie grösser gewesen sein sollte, muss als höchst unwahrscheinlich angesehen werden.

Bezüglich der Arterien sind wir, namentlich durch ZUCKERKANDL'S Untersuchungen, in den Stand gesetzt, uns ein Bild von der Beschaffenheit des Urzustandes am Cheiropterygium zu bilden. Es hat sich gezeigt, dass ein axiales Gefäss die Versorgung der distalen Gliedmassentheile ursprünglich besorgte. Die Art. interossea offenbart sich als eine äusserst primitive Bildung. Sie verläuft auf der Beugeseite zwischen Pro- und Metapodium und entsendet Rami perforantes zur Streckfläche. Besonders bemerkenswerth ist ein das Mesopodium perforirender, ursprünglich ziemlich starker Ast. Dieser Befund des Foramen Mesopodii mit seiner Arterie ist von ZUCKERKANDL, LÉBOUCQ u. a. beschrieben worden. Auch EMERY hat mit Recht dieselben als wichtig hingestellt. Es kann keinem Zweifel unterliegen, dass wir diese Anordnung

der Theile dem Urzustande werden beilegen müssen. So wenig an sich die Gefässe für die morphologischen Betrachtungen ausschlaggebend sind, so wird doch darauf geachtet werden, wo hinsichtlich der Flossenbildungen sich Aehnliches konstatiren lässt.

Nach der Rückführung der komplizirten Verhältnisse der Landgliedmasse auf gewisse typische Zustände, erwächst uns die Aufgabe, die Urform des Cheiropterygiums mit den verschiedenen Flossenbildungen zu vergleichen, um zu erkennen, welche der letzteren die meisten Anknüpfungspunkte an die Landgliedmasse darbieten.

Als Vergleichungsobjekte für das Cheiropterygium kommen folgende Flossenbildungen in Betracht: 1. die Gliedmasse der recenten Selachier, — das Selachiopterygium, 2. die Flosse des Ceratodus — das Dipnopterygium und 3. das Crossopterygium. Andere Flossenbildungen brauchen nicht herangezogen zu werden. Die Hintergliedmassen der Fische bleiben ausser Betracht, da sie keine wesentlich primitivere Charaktere als die Brustflosse sich bewahrt haben und zum grossen Theil als rudimentäre oder als einseitig fortentwickelte Bildungen erscheinen. Die Flossen der Amiaden und Teleostier, des Lepidosteus und des Störs sind gleichfalls keine primitiven Formationen. Dass auf der anderen Seite die Extremitäten der Enaliosaurier gänzlich aus der Betrachtung fern bleiben, wird bei der zweifellos völlig sekundären Umbildung derselben keiner Rechtfertigung bedürfen.

Von den übrig bleibenden Flossenbildungen stellt das Dipnopterygium den ursprünglichsten Zustand dar, die beiden anderen repräsentiren (s. o.) die Endpunkte zweier von der Urform des Dipnopterygium (nicht direkt von diesem) ausgehenden Reihen.

Wir wollen die Vergleichung in derselben Reihenfolge der einzelnen Punkte durchführen, wie bei den bisherigen Betrachtungen.

Aeussere Form und Stellung.

Die äussere Form der Extremität ist bisher sehr wenig bei den phylogenetischen Betrachtungen des Cheiropterygium herangezogen worden.

Die grösste Differenz besteht in diesem Punkte zwischen dem Selachiopterygium und dem Cheiropterygium. Der steile laterale Rand des ersteren hat nichts ihm Vergleichbares beim Cheiropterygium. Eine Flossenbildung, die mit letzterem in nähere Beziehung gebracht werden soll, muss eine in dorsal und ventraler Richtung annähernd gleichartig entfaltete, längliche Platte darstellen. In dieser Hinsicht entspricht das Dipnopterygium schon eher den gehegten Erwartungen; namentlich wenn man die Jugendstadien desselben, wie wir sie aus den schönen Abbildungen SEMON'S entnehmen, mit denen des Cheiropterygium vergleichen, so ergiebt sich manche Uebereinstimmung. Man könnte sogar versucht sein, in der starken zeitweisen Ausprägung des II. Fingers bei Amphibienlarven eine Erinnerung an die Flossenspitze des Ceratodus zu erblicken. Aehnliche Resultate, ja noch bessere, gewinnen wir, wenn wir

das Crossopterygium heranziehen. Zwischen Dipnopterygium und Crossopterygium werden wir fortan zu wählen haben und können das Selachiopterygium bei Seite schieben.

Dasselbe Resultat gewinnen wir bei Betrachtung der Flossenstellung. Die Horizontalstellung des Selachiopterygium ist keine ursprüngliche. Sie hat sich aus der Sagittalstellung entwickelt. Durch diese werden Dipno-, Crosso- und Cheiropterygium mit einander verknüpft, und zwar in besonderem Maasse die letzteren beiden, da das Crossopterygium auch noch in erwachsenem Zustand dieselbe beibehält, während die Ceratodusflosse im ausgebildeten Zustande zu dem der Selachier hinneigt.

Skelet.

Dasselbe hat bisher fast ausschliesslich als Kriterium bei der Vergleichung gedient.

Das Selachiopterygium wurde zwar früher von GEGENBAUR mit dem Cheiropterygium in nähere Beziehung gebracht, doch geschah dies in einer Zeit, wo die Stellung der Selachier und ihrer Flossen zu noch primitiveren Formen wenig bekannt war: GEGENBAUR erkannte gewisse gemeinsame Punkte an beiden Objekten. Aber selbst um diese aufrecht zu erhalten, bedürfte es der Annahme einer komplizirten Drehung der Selachierflosse (s. o.), welche mit der jetzt ganz sicher erkannten, primitiven Flossenhaltung sich nicht in Einklang bringen lässt. Noch andere Schwierigkeiten stellen sich der direkten Verknüpfung von Selachio- und Cheiropterygium entgegen. Niemals ist behauptet worden, dass das eine in das andere in toto bezüglich des Skelets übergeführt worden sei. Es lag also stets den betreffenden Betrachtungen die Annahme zu Grunde, dass das Cheiropterygium-Skelet einem Theil und zwar einem sehr kleinen des Selachierflossenskelets entsprechen sollte. Es ist aber nie nachgewiesen worden, wie es kommt, dass solche grossen Theile des Skelets geschwunden sind, oder wie diese Reduktion, die sich doch auf die Weichtheile ebenfalls erstrecken musste, zu denken sei.

Alle diese Betrachtungen werden aber dadurch in eine ganz neue Richtung gelenkt, dass ja, wie wir jetzt wissen, das Selachiopterygium gar keine primitive Bildung darstellt, sondern auf eine dem Dipnopterygium ähnliche Form bezogen werden muss. Will man sich also nicht zu der Annahme verstehen, dass die Landwirbelthiere der zu den Selachiern führenden Bahn sehr nahe stehen, so muss man sich der Ceratodusflosse direkt zuwenden. Durch viele Punkte, welche andere Organsysteme betreffen, wird eine Annäherung von Selachiern und Landwirbelthieren unwahrscheinlich. Hier wollen wir nur konstatiren, dass, ganz direkt mit einander verglichen, das Skelet des Selachio- und Cheiropterygiums äusserst wenig Aehnlichkeiten mit einander erkennen lassen, ganz abgesehen von der verschiedenen histologischen Beschaffenheit. Wo sollen wir bei den Selachiern die Homologa für Stylopodium und Zeugopodium suchen? Auch die Versuche EMERY'S (die POLLARD in ähnlicher Weise

anstellt), durch Vermittelung des Crossopterygiums die Selachierflosse mit dem Cheiropterygium zu verknüpfen — danach wären Pro- und Metapterygium der Selachier dem Zeugopodium homolog — sind schon deshalb ganz verfehlt, weil die Stellung des Crossopterygium zum Selachiopterygium in der älteren falschen Weise von den beiden Autoren aufgefasst wurde.

Wir können also mit dem Skelet der Selachier-Flosse sehr wenig für unseren Zweck anfangen und wenden uns zum zweiten Objekt, dem Dipnopterygium. Dass zwischen dem biserial mit Radien besetzten Knorpelstab und dem Cheiropterygium-Skelet eine recht bedeutende Verschiedenheit besteht, lässt sich nicht leugnen. Die einzige Aehnlichkeit ist eigentlich gegeben durch das basale Knorpelstück der Ceratodusflosse, welches einem Stylopodium verglichen werden kann. Acceptiren wir dies einmal zunächst, so muss man gestehen, dass damit sehr wenig genützt ist; denn die nun unmittelbar sich aufdrängende Frage, wo wir das Zeugopodium zu suchen haben, wird ohne Antwort bleiben müssen. Mit der allgemeinen Annahme, dass das Skelet des Cheiropterygiums deshalb dem Dipnopterygium ähnlich sei, weil in beiden Fällen sich die einzelnen Stücke in Strahlen anordnen lassen, ist recht wenig genützt. Denn wenn wir unbefangene die mannigfachen Versuche betrachten, die Axe in einem der fünf Finger zu erkennen, so müssen wir das Resultat trotz der Mitarbeit der hervorragendsten Kräfte als ein recht trostloses bezeichnen. Ist doch ausser dem vierten Finger kein einziger derselben dem Schicksal entgangen, einmal als der Träger der Axe verdächtigt zu werden!

Wenn man ferner sieht, in wie mannigfacher Weise sich ohne grosse Schwierigkeit am Cheiropterygium die Strahlenanordnung vornehmen lässt, so muss man sehr misstrauisch werden und andere Nachweise für die Axennatur einer bestimmten Region verlangen, als denjenigen, dass sich die Skeletstücke zu der betreffenden Linie in Reihen anordnen lassen. Durch den Radius, durch die Ulna, durch keinen von beiden, hingegen durchs Intermedium ist die Axe schon hindurch gelegt worden. Jeder dieser Versuche hat ebenso viel Berechtigung wie ein anderer.

Aus diesen Betrachtungen ergibt sich, dass eine direkte Ableitung des Cheiropterygiums vom Archipterygium auf die allergrössten Schwierigkeiten stösst. Selbst der einzige scheinbar sichere Punkt, dass das Basale der Ceratodusflosse mit dem Stylopodium zu vergleichen sei, kann mit vollem Recht angezweifelt werden. Das Kriterium ist die Verbindung mit dem Schultergürtel und dieses ist kein untrügliches. Es kann ein Theil aus der Verbindung mit dem Schultergürtel durch einen anderen abgedrängt werden, folglich ist diese Verbindung als solche keine geeignete Stütze für eine Homologie zweier Theile.

Also auch das zweite Objekt kann uns nur wenig Aussicht auf eine glückliche Lösung des Problems eröffnen. Dass ich zum dritten mehr Vertrauen hege, wird dadurch begründet, dass uns die Vergleichung des Skelets vom Crossopterygium und Cheiropterygium sofort einige Punkte der Uebereinstimmung entgegen bringt, welche das von den anderen Objekten Gebotene weit übertreffen. Die Marginalia des Crossopterygium entsprechen in Lage und zum Theil in Form dem Zeugopodium. Mit

der Vergleichung des Mesopterygiums und des Mesopodiums wäre ein neuer Anhaltspunkt gewonnen, dem die Parallele der Aetinalia sich anschliessen würde.

Damit sind Punkte gegeben, die es der Mühe werth erscheinen lassen, die anderen fehlenden genauer zu prüfen. Sollte es gelingen, eine befriedigende Ableitung des Stylopodium auf Grund des Crossopterygiums zu geben, so wären die Schwierigkeiten im Wesentlichen gehoben. Aber weder der von EMERY früher, noch der von POLLARD neuerdings gemachte Versuch können befriedigen.

Wir wollen diese Betrachtung hier nur so weit führen, als sie uns die Berechtigung giebt, in eine nähere Vergleichung von Crossopterygium und Cheiropterygium einzutreten. Sollte diese gelingen, so ist es klar, dass damit eine Durchführung der Archipterygiumtheorie auf neuem Wege sich eröffnen würde; denn das Crossopterygium ist ja nur eine Form des Archipterygiums.

Muskulatur, Nerven, Gefässe.

Ebensowenig wie im Skelet bieten die Flossen der Selachier und des Ceratodus in den Weichtheilen Punkte der Aehnlichkeit mit dem Cheiropterygium dar, die derart wären, dass sie zum Versuche einer direkten Ableitung oder Verknüpfung veranlassen könnten.

Die Nerven im Urzustande des Cheiropterygiums müssen, wie wir oben gesehen haben, ein ziemlich einfaches Verhalten dargeboten haben. Eine geringe Anzahl von Spinalnerven (4—5) war an der Versorgung der Gliedmasse betheiligt und die betreffenden ventralen Aeste brauchen keineswegs bereits in vollendeter Weise die Erscheinung eines Plexus dargeboten zu haben. Bedenken wir nun, wie ausserordentlich komplizirt gerade die Nervenversorgung der Selachierflosse erscheint, so müssen wir darin eine bedeutende Schwierigkeit ihrer Verknüpfung mit dem Cheiropterygium erblicken. Nur sehr triftige Gründe, die etwa in der Uebereinstimmung anderer Organsysteme begründet wären, könnten über diese Differenzen forthelfen. Da solche nicht vorhanden sind, so hat der Versuch, die Gliedmassennerven der Landwirbelthiere von den durch Zahl und Verbindungsweise so eigenartig differenzirten Nerven der Selachierflosse herzuleiten, wenig Aussicht auf Erfolg. Auch die Dipnoer scheinen sich in diesem Punkte wenig primitiv zu verhalten. Soweit hier die Verhältnisse bekannt sind, scheint eine Annäherung an den Selachierzustand nahe zu liegen.

Die Brustflosse der Crossopterygier hingegen zeigt uns so einfache Nervenverhältnisse, dass darin eine neue Ermuthigung zur Durchführung einer näheren Vergleichung mit dem Cheiropterygium erblickt werden kann. Jedenfalls tritt kein Punkt hervor, der etwa solche Differenzen darböte, dass durch ihn die Uebereinstimmungen in anderen Punkten als eine illusorische erscheinen müsste.

Dasselbe gilt von der Muskulatur. Bei einer Flosse kann man keine Gliederung in vollständig gesonderte Muskelindividuen erwarten oder verlangen. Aber auch das Cheiropterygium muss einen Vorläufer mit solcher wenig differenzirten

Muskulatur besessen haben. Suchen wir nun bei den Fischen nach Formen, welche einige der früher als wichtig betonten Charakteristika der Cheiropterygium-Muskulatur aufweisen, so werden wir nicht lange in unserer Wahl schwanken können. An der Brustflosse der Crossopterygier ist bereits in den Hauptzügen und in einzelnen ganz bestimmten Punkten die Muskulatur der Landgliedmasse gegeben. Mit *Ceratodus* und den Selachiern bestehen hingegen nur Aehnlichkeiten der allgemeinsten Art. Mit ersterem kann durch die Crossopterygier eine Vermittlung gewonnen werden, während die Selachier auch hier eine andere Entwicklungsrichtung repräsentiren.

Für die Gefässe der Fischflossen ist das Thatfachenmaterial noch nicht hinreichend gesichert; wir müssen uns daher begnügen, zu konstatiren, dass uns dies Organsystem keinen Hinderungsgrund für eine Vergleichung von Crossopterygium und Cheiropterygium bieten kann, im Gegentheil, der axiale Arterienstamm des letzteren mit seinen perforirenden Aesten findet die schönste Parallele in dem am Crossopterygium sich ergebenden Befunde.

Wir gelangen bezüglich der Flossenbildungen zu dem Ergebniss, dass für das Crossopterygium eine grössere Berechtigung als für die beiden anderen Objekte besteht, zu einer näheren Vergleichung mit dem Cheiropterygium herangezogen zu werden. Dieses Resultat wird durch die Berücksichtigung der gesammten Organisation der Fische und Landwirbelthiere gestützt. Die einseitige Stellung der Selachier wird in neuerer Zeit mehr und mehr gewürdigt. Die Bedeutung dieser Gruppe als einer von ausserordentlich primitiven Zuständen abgezweigten wird hierdurch keineswegs beeinträchtigt, aber dass sie in dieser ihrer primitiven Beschaffenheit eine eigenartige und damit einseitige Entwicklungsbahn eingeschlagen habe, kann nicht geleugnet werden. Dies offenbart sich am Skelet ebenso, wie am Nervensystem oder an den Urogenitalorganen. Um ein mir nahe liegendes Beispiel herauszugreifen, so verhält sich die Wirbelsäule in ähnlicher Weise ursprünglich und doch abgeändert, wie das Flossenskelet. Ursprünglich ist die Persistenz der Chorda und ihrer Scheide; eine ganz für sich stehende Entwicklungsrichtung wird aber durch die Verwendung der Chordascheide zum Aufbau der Wirbelkörper gegeben. In diesem Punkte zeigten die Dipnoer zum Theil eine Vorstufe des Selachierbefundes. Die Ganoiden hingegen verhalten sich primitiver und gestatten direkteren Anschluss an Amphibien. Die weite Divergenz innerhalb der Ganoidengruppe lässt bald in diesen, bald in jenen Punkten die eine oder die andere Form als den Landwirbelthieren näher stehend erkennen. Bezüglich der Wirbelsäulengliederung bietet ja *Lepidosteus* auffallende Beziehungen zu den Landwirbelthieren dar, in anderen Punkten wiederum sind es die Crossopterygier, welche in vorzüglicher Weise den Amphibienzustand vorbereiten.

Dass in anderen Punkten, wie HUXLEY bezüglich des Hyomandibulare gezeigt hat, die Dipnoer mehr an die Amphibien anknüpfen, kann bei der primitiven Stellung des *Ceratodus* nicht Wunder nehmen. Die letztere bringt es ganz naturgemäss mit sich, dass eine Form wie *Ceratodus* nach sehr verschiedenen Seiten hin Beziehungen

offenbart. Aehnliches gilt auch von den Ganoiden. Desshalb wäre es falsch, von dieser oder jener Form behaupten zu wollen, dass sie der Vorfahrenreihe der Landwirbelthiere sehr nahe gestanden habe. So kann ich auch POLLARD nicht beistimmen, wenn er durch die Crossopterygier das Stadium der Selaehier mit dem der Amphibien überall zu vermitteln sucht. Jede dieser phylogenetischen Betrachtungen über die Stellung einer Thierform muss durch eine Verallgemeinerung etwas von der in ihr ruhenden Wahrheit einbüßen. Wir müssen uns vorläufig damit begnügen, mit Rücksicht auf die einzelnen Organsysteme in dieser oder jener Form eine Annäherung an den Vorfahrenzustand anderer zu erblicken. Aus diesen Gründen können wir auch die Vergleichung der Extremitäten vornehmen, ohne auf die anderen Organsysteme besondere Rücksicht zu nehmen. Wenn aber in anderen Punkten sich ähnliche Beziehungen zwischen den betreffenden Gruppen offenbaren, wie sie hinsichtlich der Gliedmassen sich aufdrängen, so werden wir darin eine willkommene Ergänzung und Erweiterung der auf dem speziellen Gebiete gewonnenen Anschauungen erblicken können.

Wie die Amiaden in so vielen Punkten zu den Teleostiern überleiten, so scheinen die Crossopterygier mannigfache Beziehungen zu den Landwirbelthieren aufzuweisen. POLLARD hat für mehrere Organsysteme diese Beziehung des Polypterus zu den Amphibien nachzuweisen gesucht, und wenn er auch vielleicht in manchen Punkten in der Verknüpfung dieser Thierformen zu weit gegangen sein sollte, so scheinen mir doch viele seiner Ausführungen beachtenswerth und dürften die Anregung zu eingehender Prüfung des Thatbestandes geben. POLLARD findet solehe Aehnlichkeiten zwischen Crossopterygiern und Amphibien hinsichtlich der Visceralmuskulatur, der peripheren Kopfnerven, auch des Kopfskeletes; namentlich die Vergleichung der Kopfknochen von Polypterus mit denen von Stegocephalen sind beachtenswerth*).

Andere von POLLARD nicht erwähnte Punkte betreffen zum Theil allgemeinere, auch anderen Ganoiden zukommende Charaktere, wie z. B. die Beschaffenheit der Urogenitalorgane, welche von dieser Thiergruppe aus weit besser, als etwa von den Selachiern aus zum Amphibienzustand verfolgt werden können. Auch die Eigenthümlichkeiten des Integuments können wir hierher rechnen. Die Schuppen der Ganoiden, namentlich die Cycloidschuppen fossiler Crossopterygier ähneln sehr den Komponenten jenes Schuppenpanzers, welcher uns von den Stegocephalen erhalten ist.

Was die Cirkulations- und Respirationsorgane betrifft, so liegen manche Uebereinstimmungen vor, und keinesfalls treffen wir auf Differenzpunkte, welche etwa einer Verknüpfung der betreffenden Formen grössere Schwierigkeiten in den Weg legten. Die relativ geringere Zahl der Klappen im Bulbus braucht nicht unbedingt als ein Reduktionszustand beurtheilt zu werden; aber auch wenn dies der Fall ist, so ist die Verbindung zwischen Amphibien und Ganoiden näher als mit den Selachiern.

Das Verhalten der Schwimmblase endlich ist für Polypterus sehr bemerkenswerth. Die ventrale Ausmündung der doppelten Blase liefert einen Befund, der zur

*) Vgl. auch die während der Korrektur dieser Arbeit erschienenen Ausführungen G. BAUR's über die Beziehungen der Stegocephalen zu den Crossopterygiern (Anatom. Anz. 1896).

Vergleichung mit Zuständen bei Landwirbelthieren in nicht geringem Grade er-muthigen muss.

IV. Cheiropterygium und Crossopterygium.

Dass die früheren Versuche, eine nähere Beziehung zwischen Crosso- und Cheiropterygium darzuthun und zu verwerthen, wenig Anklang, ja kaum Beachtung gefunden haben, ist begreiflich. Jene Versuche waren äusserst unvollständig und konnten einer strengeren Kritik nicht Stand halten. Damit ein solches Vorgehen mit Erfolg gekrönt werde, ist es einmal nöthig, die Berechtigung der ganzen Fragestellung darzulegen und zweitens auf Grund derselben die Vergleichung bis in die Einzelheiten durchzuführen. Den ersten Theil dieser Aufgabe glaube ich im vorigen Kapitel erledigt zu haben. Der zweite Theil soll jetzt in Angriff genommen werden.

Wir müssen in ganz systematischer Weise die beiden Vergleichungsobjekte prüfen, einmal auf ihre Uebereinstimmungen hin und zweitens mit Rücksicht auf ihre Differenzen. Die letzteren müssen daraufhin untersucht werden, ob sie die Uebereinstimmungen als unwesentliche, als äusserliche und bedeutungslose Aehnlichkeiten zeigen, oder ob sie nur den Ausdruck einer nach verschiedenen Richtungen hin erfolgten Entwicklung darstellen. Die Entscheidung über die Berechtigung unseres ganzen Vorgehens wird also davon abhängen, ob wir die bestehenden Verschiedenheiten in befriedigender Weise erklären und eventuell in tiefer liegende Uebereinstimmungen auflösen können.

Als Vergleichungsmaterial dienen uns auf der einen Seite alle vom Cheiropterygium bekannten Thatsachen, auch die ontogenetischen und palaeontologischen, auf der anderen Seite die Ergebnisse des I. Theils dieser Arbeit über die Anatomie und die am recenten Material zu verfolgende Metamorphose des Crossopterygiums. Gerade letztere wird naturgemäss eine grosse Bedeutung beanspruchen. Die Disposition des Stoffes wird am besten in der gleichen Weise vorgenommen, wie bei den früheren Beschreibungen und Betrachtungen.

A. Aeussere Form und Stellung.

Wenn man einen Polypterus und ein ausgewachsenes Landwirbelthier neben einander legt und die Gliedmassen in der für beide als die primitive nachgewiesenen sagittalen Stellung vergleicht, so möchte vielleicht auf den ersten Blick die Differenz so gross erscheinen, dass ein Suchen nach Uebereinstimmungen als ein völlig vergebliches betrachtet werden könnte. Und doch ist dem nicht so. Es bestehen Uebereinstimmungen nicht geringer Art zwischen beiden. Beide stellen längliche Platten dar, an welchen wir eine laterale und eine mediale Fläche, einen dorsalen und einen ventralen Rand unterscheiden können. Beide heben sich in einer von dorsal nach ventral verlaufenden Linie mit verschmälertem Stiel vom Rumpf ab. Die laterale

Fläche hat bei beiden die Neigung zu leichter konvexer Krümmung, während die mediale mehr platt erscheint. Distal laufen beide in einen platten, annähernd kreisförmig begrenzten Abschnitt aus, dessen periphere Theile keine Muskulatur enthalten, sondern nur durch sehnige Endigungen derselben ausgezeichnet sind.

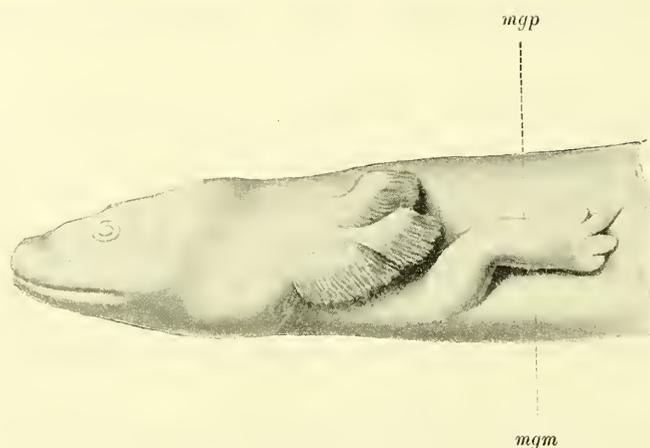


Fig. 24.

Seitliche Ansicht des Vordertheiles von Menobranchus. Die Extremität in der ursprünglichen sagittalen Stellung.

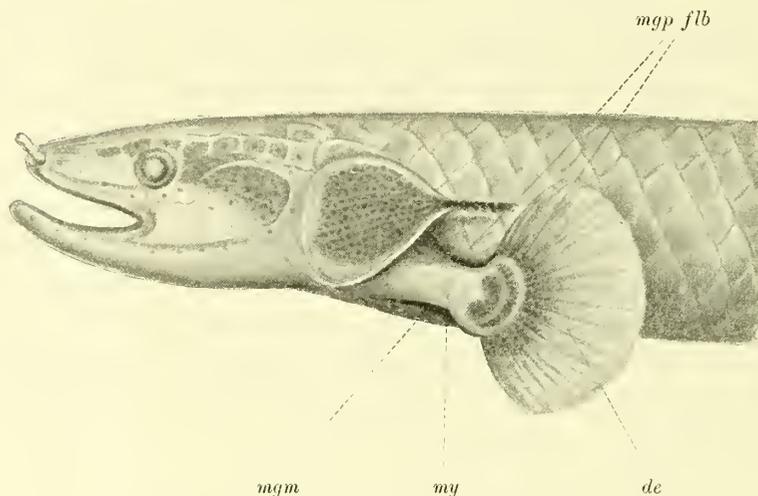


Fig. 25.

Seitliche Ansicht des Vordertheiles von Calamoichthys.

Damit gelangen wir für beide Objekte zu einer Sonderung der ganzen Extremität in einen Myaltheil und einen Dermaltheil. Der letztere wird beim Cheiropterygium durch die distal von den Actinalien gelegene Zone repräsentirt, also diejenige, welche die Phalange enthält. Die Grenze beider Theile haben wir bei dem Crossopterygium als Flossenbogenlinie bezeichnet. Beim Cheiropterygium müssen wir sie die Actinalphalangealgrenze nennen. Vergleichen wir beide mit einander, so ergeben sich sehr merkwürdige Uebereinstimmungen. Wir haben oben die Flossenbogenlinie genau analysirt und sie beim erwachsenen Polypterus als aus

den Theilen von Kreisen mit verschieden grossen Radien zusammengesetzt erkannt. Der propterygiale Theil wies den grösseren Radius als der metapterygiale. Vergleichen wir hiemit die Actinalphalangealgrenze einiger Cheiropterygier, wobei man ganz beliebige Beispiele wählen mag, etwa die Hand einer Schildkröte oder diejenige vom Menschen, so offenbart sich die Uebereinstimmung in frappanter Weise. Auch beim Cheiropterygium sehen wir den flacheren Theil dorsal-propodial gelegen, den steiler abfallenden mesopodial. Wohl könnte diese Uebereinstimmung, wenn sie vereinzelt dastände, als unwesentlich bei Seite geschoben werden. Da sie aber nur eine von vielen ist, so verdient sie Beachtung.

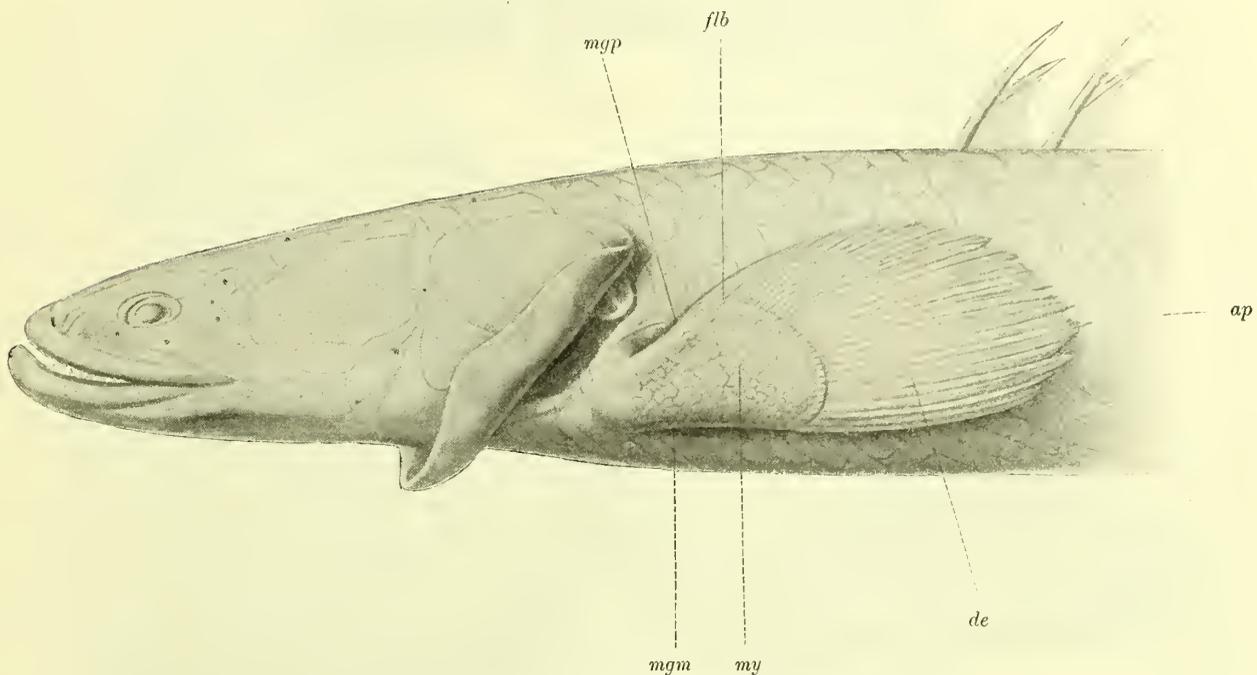


Fig. 26.

Seitliche Ansicht des Vordertheiles von Polypterus.

Uebereinstimmungen ergeben sich ferner in der Art der Bewegungen. Levation, Depression, Abduktion, Adduktion lassen sich bei beiden in gleicher Weise ausführen. Besonders wichtig aber ist die gemeinsame Fähigkeit zu den Drehbewegungen, der Pronation und Supination. Dies sind typische Flossenbewegungen, welche am Cheiropterygium sich zeigen. Auch das Cheiropterygium lässt sich durch übertriebene Pronation in die als Schwimmstellung bezeichnete Lage überführen. Stützt man aber das Cheiropterygium auf und führt dasselbe mit dem Crossopterygium aus, so ergibt sich eine Uebereinstimmung der „Stützstellung“, die bei einigermaßen unbefangener Betrachtung nicht verkannt werden kann. Diese aus Pronation, Abduktion und Extension gemischte Stellung lässt den propterygialen resp. propodialen Rand ganz scharf lateral gewendet erscheinen.

In beiden Fällen ist diese Stützstellung keine ursprüngliche. Soweit die Uebereinstimmungen, wir kommen jetzt zu den bedeutenden Differenzen.

Das Crossopterygium erscheint ungegliedert und ist nicht wie das Cheiropterygium in einen proximalen und distalen Theil gesondert. Ein Handtheil lässt sich



Fig. 27.

Seitliche Ansicht des Vordertheiles von Menobranchus. Extremität in Stütz-Stellung. *mgo* Margo propodialis.

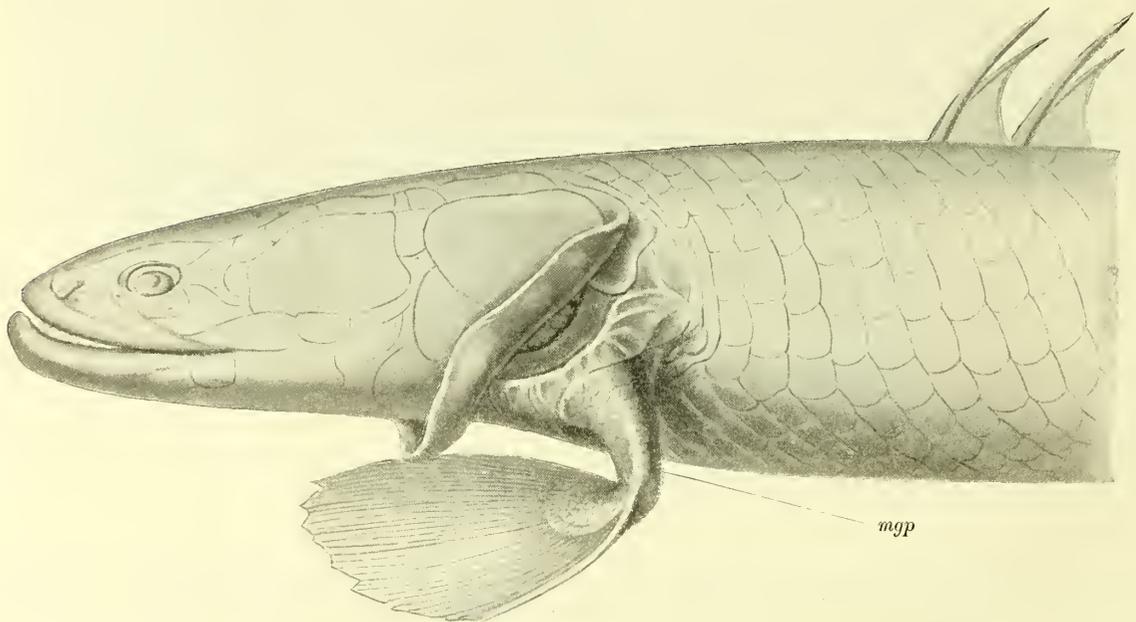


Fig. 28.

Seitliche Ansicht des Vordertheiles von Polypterus. *mgo* Margo propterygialis.

nicht abgrenzen. Die sogenannten Gliedmassenwinkel fehlen gänzlich. Am ehesten könnte man noch die ganze Flosse mit dem distalen Abschnitt des Cheiropterygiums vergleichen, sodass man den Eindruck gewinnen würde, als fehle der Flosse der stylo-podiale Theil.

Die Flosse ist ferner dorsoventral viel breiter und in proximodistaler Richtung viel kürzer als die Landgliedmasse.

Lässt sich diese Kluft irgendwie ausfüllen? Gibt es Zustände, welche uns diese Differenzen zu vermitteln und ihre Bedeutung abzuschwächen vermögen? Allerdings ist dies der Fall und zwar in doppelter Hinsicht, einmal von der Seite des Cheiropterygium her und zweitens von der des Crossopterygium.

Die Entwicklungsgeschichte des Cheiropterygiums zeigt uns dasselbe anfangs als eine ungegliederte, streng sagittal gestellte Platte von ausserordentlich flossenähnlicher Beschaffenheit. Für die Amphibien lehren uns dies die Untersuchungen STRASSER's. Aber auch bei höheren Formen geben frühe Stadien Bilder, welche nicht nur an



Fig. 29.

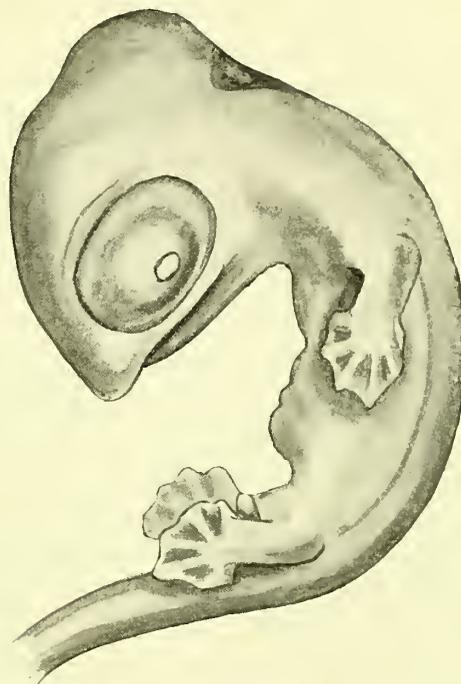


Fig. 30.

Zwei Embryonen von *Lacerta muralis*. Reproduciert nach MOLLIER.

eine Flosse im Allgemeinen, sondern gerade an ein Crossopterygium erinnern. Um dies an einem Beispiel zu erläutern, reproduziere ich zwei Abbildungen, welche MOLLIER kürzlich von der Extremitätenentwicklung der Eidechse gegeben hat. Bezüglich der Fingeranlagen freilich sind diese Zustände nicht so primitiv, wie diejenigen der Amphibien, deren schnell verwachsener II. Finger vielleicht auf die ehemalige Flossenspitze hindeutet; auch das Verhalten einer Schwimnhaut mag nur beiläufig als Flossenähnlichkeit erwähnt werden; die Hauptsache ist, dass die Sonderung der Gliedmasse in einzelne Abschnitte noch so wenig ausgeprägt ist. Im jüngeren Stadium haben wir nur einen proximalen Stiel und eine distale Platte, und dies erinnert sehr an die Crossopterygier; auch die Form des distalen Theiles, die Biegungen der Ränder sind sehr auffallend; sogar die Sonderung im Myal- und Dermaltheil ist äusserlich angedeutet.

Der proximale — der Humernstheil des Armes tritt noch fast gar nicht hervor. Die Hauptmasse der Gliedmasse entspricht dem distalen Theil. Gerade aber in diesem Hauptpunkte, in der unverhältnissmässigen Entwicklung der distalen Partien und dem allmählich erfolgenden Hervortreten des stylopodialen Abschnittes wiederholt uns die Ontogenese des Cheiropterygiums, ein Crossopterygier-Stadium.

Auf der anderen Seite lehren uns die wenigen über die Ontogenese des Crossopterygiums ermittelten Thatsachen, dass dasselbe in frühen Stadien eine grössere Aehnlichkeit mit der Landgliedmasse besitzt, als in den späteren. Hierfür gewinnt der Befund, welcher vom 12 cm langen Calamoichthys auf Textfigur 1 und 17 dargestellt wurde, eine ganz besondere Bedeutung. Hier haben wir nicht nur in der leicht abwärts gerichteten Haltung der ganzen Extremität eine Erinnerung an das Cheiropterygium, sondern auch die Aehnlichkeit der Formen ist bis ins Einzelne eine frappante. Ein schmalerer Theil geht in eine breitere Platte über — ganz wie beim Sauropsidenembryo. Ja sogar die eigenthümliche Umbiegung der Ränder, besonders das Aufsteigen des propterygialen Randes erinnert in merkwürdiger Weise an die Zustände einer Hand.

Diese Eigenthümlichkeiten gehen später bei den Crossopterygiern verloren, und darin prägt sich eine allmähliche Reduktion aus. Man könnte diesen Umstand vielleicht als Einwand gegen die primitive Bedeutung des Crossopterygiums geltend machen und behaupten, die Aehnlichkeit desselben mit dem Cheiropterygium beruhe auf einem näheren Zusammenhange der Vorfahrenreihe von Crosso- und Cheiropterygiern. Diesen Einwand würde ich zum Theil recht gern acceptiren. Ich habe schon erwähnt, dass die fossilen Funde uns nicht die jugendlichen Charaktere des Calamoichthys erklären helfen. Wir können dessen Eigenthümlichkeiten kaum anders begreifen und erklären, als durch die Annahme einer einstmals in der Vorfahrenreihe dieses interessanten Fisches gegebene Annäherung an den Stamm der Landwirbelthiere, eine Vorstellung, die ja mit einigen der oben skizzirten Organisationsverhältnissen gut übereinstimmt.

Aus dieser Annahme einer gewissen Reduktion des Crossopterygiums oder einer einseitigen Fortbildung desselben erwächst aber noch nicht die Berechtigung, ihren primitiven Werth irgendwie anzuzweifeln. Dieser ist durch die palaeontologisch begründete Phylogenese des Organs über jeden Zweifel erhaben. —

So gleichen sich also die Differenzen der Form bedeutend aus und die Annahme, dass sich die Landgliedmasse aus einer dem Crossopterygium ähnlichen Flosse entwickelt habe, trifft auf keine Schwierigkeiten; im Gegentheil, sie wird geradezu postulirt durch die Thatsachen; die spezielle Vergleichung bestätigt das Ergebniss der im vorigen Kapitel angestellten allgemeinen, wonach ganz offenkundige engere Beziehungen vom Cheiropterygium zum Crossopterygium als zu anderen Flossenbildungen bestehen.

B. Skelet.

In der Vergleichung des Skelets lag bisher bei allen die Geschichte der Gliedmassen betreffenden Fragen der Hauptpunkt vor, um den sich die Diskussion bewegte, und auch für unser Problem werden wir dies Organsystem ganz besonders zu würdigen haben.

Für unsere Zwecke haben wir im I. Kapitel eine gründliche Vorarbeit geliefert. Wenn meine Vorgänger auf einem, wie ich glaube, ganz richtigen Wege doch nicht zu rechten Erfolgen gelangen und ihren Ansichten keine allgemeinere Geltung verschaffen konnten, so liegt dies, wie mir scheint, daran, dass sie das Crossopterygium selbst nicht hinreichend genau untersucht haben. Wenn auch nur in beschränktem Maasse, so konnte ich doch einiges über die Geschichte des crossopterygialen Skelets ermitteln, und diese Errungenschaften ebnen uns jetzt in dem schwierigsten Theil der gestellten Aufgabe die Bahn.

Wir folgen dem bisherigen Gang und wollen zuerst die Uebereinstimmungen im Skelet des Crosso- und Cheiropterygiums darthun, sodann mit den Differenzen fertig zu werden suchen.

Die Hauptübereinstimmung an den beiden Objekten, durch welche POLLARD sowohl wie EMERY, und auch ich — unabhängig von den beiden anderen — auf unser Problem gebracht wurden, eine Uebereinstimmung, von der man sich wundern muss, dass sie nicht schon öfter zu ähnlichen Betrachtungen angeregt hat — ist das Vorhandensein zweier Randstücke in ähnlicher Beschaffenheit und in gleicher Lage.

Ein dorsales Stück korrespondirt dem Propodium (Ulna, Fibula), ein ventrales dem Metapodium (Radius, Tibia). In beiden Fällen haben wir es mit länglichen Skeletstücken zu thun, die in dem erwachsenen Crossopterygier-Zustand vollkommen an den embryonalen der Cheiropterygier erinnern.

Bereits oben habe ich darauf hingewiesen, dass ich, was die Parallelisirung der Stücke mit einander betrifft, mich ganz auf die Seite POLLARD's gegen EMERY stelle. Letzterer wollte den Radius im Propterygium, die Ulna im Metapterygium erkennen. Diese Auffassung entspringt aber aus einer falschen Vorstellung von der ursprünglichen Haltung der Landgliedmasse. Man muss konsequenter Weise das dorsale Stück mit dem dorsalen, das ventrale mit dem ventralen vergleichen, und so ergibt sich die Beziehung des Propodiums zum Propterygium, des Metapodiums zum Metapterygium. Dass ich dieselben nicht mit einander homologisire, brauche ich wohl kaum zu betonen. Ich spreche zunächst nur von Beziehungen, inwieweit dieselben auf Homologie beruhen, wird sich später zeigen.

Die Uebereinstimmung der Marginalia mit den Komponenten des Zeugopodiums offenbart sich weiterhin in ihrer Beziehung zu einem dritten plattenförmigen Skelettheil, welchen sie mit ihren distalen Enden zwischen sich fassen. Ihn haben wir konsequenter Weise offenbar dem Mesopodium (Carpus, Tarsus) zu vergleichen. Alle Differenzen bei Seite lassend, heben wir die Uebereinstimmung hervor, dass Mesopterygium und Mesopodium plattenartige Skeletmassen sind, dass sie distal Strahlen

tragen, dass sie proximal mit einer Spitze zwischen die Marginalien resp. die Theile des Zeugopodiums einragen, und dass sie hier zu einem derselben eine nähere Beziehung bekunden als zum anderen. Ich muss hier auf die eigenthümliche Beziehung des Intermediums — das für uns hier weiter nichts bedeutet, als den proximalen Theil des Mesopodiums — zum Propodium zurückkommen. Dieser Anschluss der Skelettheile an einander war von GEGENBAUR zuerst betont und in hervorragender Weise zur Lösung der Gliedmaassenfrage herangezogen worden. Es würde ein Mangel sein, wenn wir diese Beziehung nicht auch beim Crossopterygium darthun könnten. Dies ist nun in einer ganz ausgezeichneten Weise möglich. Alle Thatfachen, welche ich oben im descriptiven Theil über den innigen Anschluss des Propodium ans Mesopodium mitgetheilt habe, gewinnen durch die Verknüpfung mit ähnlichen Vorkommnissen am Cheiropterygium eine erhöhte Bedeutung. Wir sahen diese Beziehungen bei den Crossopterygiern so innige werden, dass es bei Calamoichthys zu einer zeitweisen Verschmelzung des Knorpelmaterials der beiden Skelettheile kam. Wenn auch beim Cheiropterygium eine solche nicht gerade sich zeigt, so ist doch die enge Anlagerung des Intermedium ans Propodium ganz evident, für Amphibien, Sauropsiden (z. B. Chelonier!) und Mammalia in gleicher Weise dargethan.

Auch das Grössenverhältniss von Zeugopodium zu Mesopodium ist, wenn wir die Urodelen betrachten, annähernd das Gleiche, denn bei den niederen Amphibien hat letzteres einen relativ sehr bedeutenden Umfang.

Gehen wir weiter, so eröffnet sich eine neue und höchst einleuchtende Parallele zwischen den Actinalien in beiden Gruppen. Hier liegen die Verhältnisse so klar zu Tage, dass ich mich nicht geseheut habe, von vornherein gleich dieselbe Benennung für beide Gruppen von Skelettheilen einzuführen.

Die Metacarpalien und Metatarsalien stellen längliche Skeletstücke dar mit periostaler Knochenhülse und knorpeligen Epiphysen, ontogenetisch allgemein den Zustand der Crossopterygier rekapitulirend.

Distal von den Actinalien treffen wir knorpelige Skeletstücke, welche bei beiden Objekten in ihrem genetischen Zusammenhang mit den Actinalien erkannt worden sind. Für die Epaetinalia kann keine andere Möglichkeit ihrer Herkunft bestehen und für die Phalangen ist der genetische Zusammenhang mit den Metacarpalien embryonal erwiesen (LEBOUCQ).

Die Reihe der Actinalien wird an den Rändern abgeschlossen durch knorpelige Skeletstücke, welche wir bei den Crossopterygiern als die Epimarginalia bezeichnet haben. Treffen wir nun beim Cheiropterygium auch diese beziehbaren Bildungen an? Dies ist der Fall, und ich erblicke einen der grössten von EMERY erzielten Fortschritte darin, dass er das Verhalten dieser Randpartien des Cheiropterygiums zur Aufstellung eines neuen Gesichtspunktes in die so viel diskutirten Fragen des Praepollex und Postminimus gebracht hat. Hier, wo wir nur die grössten Uebereinstimmungen betonen wollen, sei nur hervorgehoben, dass sich die Homologa der Epimarginalia im Pisiforme und im sogenannten Radiale externum, oder im radialen Sesambein wiederfinden. Eine genauere Erörterung gerade dieser Punkte müssen wir weiter

unten vorbringen. Es handelt sich hier um Punkte, deren spezielle Durchführung nur dann einen Sinn hat, wenn das ganze Gebäude auf festem Boden ruht. Ist es alsdann möglich, auch bezüglich solcher Einzelheiten, die sich aus dem Ganzen ergebenden Fragestellungen in befriedigender Weise zu lösen, so liegt darin eine vorzügliche Bestätigung für die Richtigkeit des ganzen Vorgehens, während die Nichtdurchführbarkeit dieser speziellen Vergleichung noch nicht für oder gegen die Richtigkeit des ganzen Problems von entscheidender Bedeutung werden könnte.

Ueberblicken wir das Bisherige, so müssen wir die weitgehende Uebereinstimmung zwischen Crosso- und Cheiropterygium voll anerkennen. Wir haben im ersteren alle Bestandtheile des letzteren bis auf einen — das Stylopodium. Könnten wir auch dessen Homologen nachweisen, so müsste auch der hartnäckigste Zweifel an der Vergleichbarkeit der beiden Objekte verstummen. Zu dieser Hauptdifferenz kommt eine sehr grosse Zahl weiterer tiefgreifender Verschiedenheiten, welche alle bisher besprochenen Theile betreffen.

Ueber diese Nebendifferenzen zu diskutieren hat keinen Sinn, wenn nicht im Hauptpunkte die Vermittlung angebahnt wird. Bleibt letztere aus, so haben alle übrigen Aehnlichkeiten gar keine Bedeutung.

Daher müssen wir uns in erster Linie auf die Frage nach der Homologie des Stylopodiums (Humerus, Femur) werfen.

Meine Vorgänger haben zwei Wege eingeschlagen, um diesen schwierigsten Punkt der Vergleichung zu eliminiren. Die ältere EMERY'sche Auffassung war entschieden besser, als die zweite von POLLARD aufgestellte und dann von EMERY übernommene. Die erste suchte den Humerus in der Extremität selbst und dies ist ein guter und richtiger Gedanke; die andere Idee aber, dass das Stylopodium im Schultergürtel des Polypterus stecken soll, ist völlig unbegründet und involvirt die allergrössten Schwierigkeiten. Wenn jemand die Ansicht verfechten will, dass der Schultergelenkkopf den Humerus repräsentirt, so muss er, wenn auch nur theoretisch, verständlich zu machen suchen, wie dem dieser Theil sich aus dem primären Schultergürtel herausgeschält hat. — Dinge, die sich gar nicht begreifen lassen und welche mit den entwicklungsgeschichtlichen Thatsachen in völligem Widerspruch stehen. Diese lehren uns, dass bei den Amphibien das Stylopodium von vornherein in Zusammenhang mit dem Zeugopodium angelegt wird.

In dieser Hinsicht haben wir durch GOETTE vollkommen Aufschluss erhalten und seine Angaben scheinen mir trotz der ein wenig abweichenden Mittheilungen STRASSER's doch maassgebend zu sein. Vom Schultergürtel ist die Anlage des Humerus schon sehr frühzeitig völlig getrennt, was auch durch STRASSER betont wird. Hingegen hängt die Anlage des Stylopodiums mit dem Zeugopodium zusammen. STRASSER betrachtet das Bindeglied beider nur als eine dichte Zellmasse, welche nicht in Knorpel übergehen soll. GOETTE hingegen äussert sich bestimmter: „Das distale Ende der Humerusanlage geht kontinuierlich in eine ebensolche dichte und dunkle Zellenmasse über, woraus die erste anfangs bestand. Diese Gewebsverdichtung setzt sich aber nun nicht einfach axial fort, sondern tritt in zwei Aeste auseinander“ etc. — Diese gehen bogenförmig auseinander und vereinigen sich distal wieder — sie stellen die

Anlage von Ulna und Radius dar. Weiter heisst es: „Die Humerusanlage und die beiden von ihm ausgehenden Aeste kann ich daher nicht als völlig unabhängig von einander auftretende Bildungen ansehen.“ Wenn bei der Verknorpelung sich frühzeitig eine Unterbrechung derselben im Bereich der Ellenbogengelenke markiert, so erblickt GOETTE darin mit Recht eine sekundäre Erscheinung, wie sie bei der Abgliederung anderer ursprünglich kontinuierlicher Knorpeltheile sich gleichfalls findet. Für die hintere Extremität gelten die gleichen Befunde. Eine vorzügliche Bestätigung der gemeinsamen Anlage vom Stylo- und Zeugopodium wird ferner gegeben durch die Resultate der GOETTE'schen Versuche über die Regeneration des Extremitätenskelets einiger Urodelen, bei welchen die embryonalen Vorgänge vollständig wiederholt werden, aber in Anbetracht der weiter vorgeschrittenen Differenzierung der Gewebe noch viel deutlichere Bilder ergeben.

Durch diese ontogenetischen Befunde werden die Vermuthungen über die Vorgeschichte des Stylopodiums in bestimmte Bahnen gelenkt, und es wird uns dadurch die Prüfung des anderen Objectes des Crossopterygiums erleichtert. Prüfen wir dieses jedoch zunächst ganz unabhängig von den Befunden am Cheiropterygium, so würden sich theoretisch verschiedene Möglichkeiten eröffnen, um den Verbleib, resp. das Fehlen eines Stylopodiums zu erklären.

Aus der Vorgeschichte des Crossopterygiums ergibt es sich, dass die knorpelige Stammplatte ursprünglich eine weiter proximal reichende Ausdehnung besessen haben muss, als dies im recenten Zustand der Fall ist. Es kann keinem Zweifel unterliegen, dass einst das Mesopterygium bis zum Schultergürtel gereicht hat und erst durch die Marginalia davon abgedrängt worden ist. Aus diesen Thatsachen konnte man eine Hypothese über die Phylogense des Stylopodiums aufbauen. Man könnte sagen, dass jener alte Zustand, wo das Metapterygium noch den Schultergürtel berührt, das gemeinsame indifferente Stadium darstellt, von welchem aus Crosso- und Cheiropterygium sich nach verschiedenen Richtungen hin entwickelt hätten. Während es beim Crossopterygium zu einer vollständigen Verdrängung des Mesopterygiums durch die Marginalia kam, hätte sich in der Vorfahrenreihe der Cheiropterygier ein ähnlicher Prozess in den Anfängen angebahnt, um jedoch auf halbem Wege eine andere Richtung einzuschlagen. Es wäre ein Stück des Mesopterygiums am Schultergürtel verblieben, während ein anderes distalwärts von den Marginalien verdrängt und vom proximalen vollständig gesondert worden wäre. Also eine Zerlegung der Stammplatte in zwei Theile müsste angenommen werden.

Diese Theorie hat auf den ersten Blick manches für sich, und ich neigte mich anfangs der Annahme einer solchen „Humerocarpalplatte“ zu. Dieselbe hätte auch den Vorzug, dass die bisher allgemein acceptirte Homologie des Basale der Ceratodusflosse mit dem Stylopodium ungestört bestehen bliebe.

Es fragt sich nun, inwieweit die Thatsachen eine Stütze für diese Ansicht zu liefern vermögen. Bezüglich des Crossopterygiums hoffte ich weiterzukommen durch die Untersuchung des jüngsten Stadiums und erwartete hier ein weiter proximales Vorragen des Mesopterygiums zwischen den Marginalien zu finden. Aber die

Thatsachen lehrten, dass davon gar nicht die Rede sein kann. Schon in diesem jüngsten Stadium besteht eine beträchtliche Entfernung des Mesopterygiums vom Schultergürtel. Der Zustand des alten Crossopterygier muss also in der Reihe der Polypterinen schon sehr lange zu Gunsten des recenten umgewandelt worden sein. Ja, die Thatsachen zeigten in manchen Punkten das Gegentheil des Erwarteten. Das Mesopterygium dehnt sich nach allen Seiten im Laufe der Entwicklung stärker aus, schiebt sich sogar proximal wieder mehr vor. In dieser Richtung also waren die Versuche vergeblich und man musste sich fragen, ob die Ontogenese des Cheiropterygiums oder sonstige Befunde bei Landwirbeltieren besseren Aufschluss bieten würden. Von erwachsenen Zuständen könnten etwa Fälle, wo das Intermedium mit dem Humerus in naher örtlicher Beziehung steht, herangezogen werden, doch mit wenig Glück. Solche Fälle beschränken sich auf Enaliosaurier und stehen auch hier ziemlich vereinzelt. Dass aber diese alte Reptiliengruppe nur mit der grössten Vorsicht bei phylogenetischen Fragen der Gliedmasse verwerthet werden können, wird wohl nur noch von wenigen bezweifelt werden. Die rein sekundäre, in den Cetaceen eine Parallelerscheinung findende Umbildung des Enaliosaurier-Cheiropterygiums tritt zu deutlich hervor. Aber selbst angenommen, diese Formen seien primitiv, so ergiebt sich bei ihnen nichts, was auf eine ehemalige Kontinuität des Mesopodiums mit dem Stylopodium zu beziehen wäre.

Das gleiche negative Ergebniss liefert uns die Ontogenese. Die beiden Glieder des Zeugopodium divergiren gleich zu Anfang sehr stark vom Stylopodium aus. In der Mitte zwischen ihnen findet sich kein Skelettheil, welcher etwa die proximale Spitze des Intermedium mit dem Humerus in Verbindung setzte; ja diese proximale Spitze des Intermedium ist nicht einmal gegen das Stylopodium, sondern gegen das Propodium hin gerichtet. Von welcher Seite also auch diese Richtung der Lösung unseres Problems versucht wird, — überall ergiebt sich dasselbe negative Resultat.

Prüfen wir nun das Crossopterygium darauf hin, ob es nicht eine besser mit der Ontogenese des Cheiropterygiums harmonirende Lösung des Resultats gestattet. Suchen wir nach einem einheitlichen Theil, welcher einerseits die Bedingung erfüllt, dass er mit dem Schultergürtel sich verbindet, andererseits mit den Marginalien in kontinuierlicher Verbindung steht — so ergiebt sich ein solcher Skelettheil leicht in Form jenes Processus styloides marginalium, auf welchen ich im deskriptiven Theil ausdrücklich die Aufmerksamkeit gelenkt habe.

In diesem Theil erblicke ich das Homologon des Stylopodium.

Die Uebereinstimmungen beider sind sehr bemerkenswerth. Der Processus styloides greift, wie das Stylopodium, in eine vom Schultergürtel gelieferte Vertiefung ein. Er findet sich dabei auf der medialen Seite des Gelenkes, und auch dieser Punkt ist wichtig. Denken wir uns den Fortsatz stärker entwickelt, so würde er von den Marginalien aus in medialer Richtung gegen den Rumpf sich erstrecken, und damit ist die ursprüngliche Haltung der beiden Abschnitte des Cheiropterygiums schon im Keime angebahnt.

Gegen diese weitgehenden Uebereinstimmungen treten die Differenzen in den Hintergrund. Dass das Volumens-Verhältniss ein so sehr verschiedenes ist, wird kein erfahrener Morphologe in die Wagschale werfen wollen. Es ist wohl keine allzu schwere Vorstellung, dass solcher anfangs an Masse geringer Theil unter geänderten Bedingungen namentlich durch die Modifikation der mechanischen Verhältnisse des Schultergelenkes zu viel bedeutenderen Dimensionen heranwächst. Das Nähere dieses Umwandelungsprozesses werden wir im Schluss-Kapitel beleuchten.

Ebensowenig kann die mangelnde Selbstständigkeit dieses Skeletttheils als Gegengrund gegen meine Ansicht angeführt werden; denn ontogenetisch treffen wir ja beim Cheiropterygium dasselbe. Mit der Verlängerung und Abgliederung dieses anfangs unbedeutenden Knorpelstückes hat es auch allmählich seine selbstständige Ossifikation erhalten.

Ich gelange somit zu einem bestimmten Ergebniss über die Entstehung des ersten proximalen Stückes der Landgliedmaasse: Das Stylopodium (Humerus, Femur) ist ein Produkt der Komponenten des Zeugopodium (Ulna, Radius—Tibia—Fibula). Es ist von diesen aus entstanden durch allmähliche Verschmelzung der proximalen Epiphysen an ihren medialen Theilen und hat erst allmählich die Verbindung mit dem Schultergürtel übernommen. Nuncmehr haben wir festen Boden für die Vergleichung auch der übrigen Theile unserer beiden Objekte gewonnen. Die Marginalia sind offenbar nicht, wie meine Vorgänger annehmen, dem Zeugopodium homolog, wenigstens nicht komplet homolog. Das Propterygium ist homolog dem Propodium (Ulna, Fibula) plus einem Theile des Stylopodium (Humerus, Femur). Desgleichen ist das Metapterygium homolog dem Metapodium plus einem Theile des Stylopodium.

Das Schultergelenk des Crossopterygium entspricht keineswegs, wie POLLARD und EMERY meinen, dem Ellbogengelenk, letzteres ist vielmehr noch gar nicht gebildet. Die Schultergelenkpfanne der Landwirbelthiere entspricht der tiefen, medial vom Schultergelenkkopf des Polypterus gelegenen Einziehung.

Nach dieser Beseitigung des schwierigsten Punktes ist es gestattet, die vorher nur angedeuteten Beziehungen auch offen als Homologien anzuerkennen. Es bleibt uns dies noch übrig für die distalen Theile.

Das Mesopterygium ist homolog dem Mesopodium.

Die Actinalia sind homolog den Actinalien.

Die Epactinalia sind homolog den Phalangen.

Die Epimarginalia sind homolog jenen kleinen Skelettbildungen, welche den Radial- und Ulnarrand der Hand auszeichnen: Das Epimarginale propterygiale dem Pisiforme, das Epimarginale metapterygiale dem sogenannten „Radiale externum“ oder dem radialen Sesambein.

Wir müssen jetzt dazu übergehen, die Differenzen der einzelnen Theile einer genauen Prüfung zu unterziehen. Für das Stylopodium ist das genügend geschehen, wir kommen nun zum Zeugopodium. Wir sehen hier ab von der inkompletten Homo-

logie derselben mit den Marginalien. Die letzteren sind, wie wir gesehen haben, bei den Crossopterygiern ungleich lang, darin liegt eine Verschiedenheit vom Cheiropterygium vor. Von zwei Seiten her wird diese Differenz verringert. Einmal scheint mir nach GOETTE'S Abbildungen die Ulna auch embryonal etwas kürzer zu sein als der Radius und erst mit dem Auswachsen des Olecranon denselben zu übertreffen. Zweitens fanden wir bei den Crossopterygiern bereits eine Entwicklungsbahn angedeutet, in welcher die Verschiedenheit der Länge sich mehr und mehr ausgleicht.

Die Stellung der beiden Knochen zu einander ist eine etwas differente. Bei den Landwirbelthieren stehen sie einander parallel, beim Crossopterygium divergiren sie. Abgesehen davon, dass dieser Unterschied mit der Veränderung anderer Theile zusammenhängt und durch diese hinreichend erklärt wird, bietet das frühe embryonale Bild von Ulna und Radius (vgl. z. B. GOETTE, Taf. I Fig. 1) eine sehr beachtenswerthe Divergenz der proximalen Theile von Pro- und Mesopodium dar, in welcher man die Erinnerung an eine früher bestehende andere Lagerung erblicken könnte.

Die grössten Differenzen nächst dem Stylopodium bieten uns Mesopterygium und Mesopodium dar.

Während das Erstere eine kontinuierliche Knorpelmasse darstellt, in welcher eine Ossifikation auftritt, begegnet uns das Mesopodium als ein aus zahlreichen, wohl gesonderten Knochenbildungen bestehender Komplex. Auch die Lagerung der Theile ist eine ganz verschiedene. In einem Falle treffen wir die Skeletplatte zwischen den Marginalien an, in anderen Fällen mit der Hauptmasse wenigstens, distal vom Zeugopodium.

Dass die Zahl der die Platte durchbohrenden Foramina Mesopterygii nicht die gleiche zu sein scheint wie im Mesopodium, dürfte wohl nicht ins Gewicht fallen gegenüber der schon von EMERY betonten Uebereinstimmung, welche an und für sich im Vorkommen dieser Gefässlöcher gegeben ist.

Sehen wir zu, wie sich die Verschiedenheiten erklären lassen.

Die verschiedene Lagerung von Mesopodium und Mesopterygium kann nicht als Einwand gegen unsere Aufstellung angeführt werden; denn sie ist etwas Relatives, dessen allmählich sich vollziehende Aenderungen sich deutlich nachweisen lassen, sowohl bei Cheiro- wie bei Crossopterygiern.

Was die letzteren betrifft, so kann ich auf die ausführliche Begründung der Annahme einer distalen Verschiebung des Mesopterygiums im deskriptiven Theil dieser Arbeit verweisen.

Dieser Prozess beginnt schon mit der Verdrängung des Mesopterygiums, aus dem Bereich des Schultergürtels durch die Marginalien. Er lässt sich weiterhin ganz deutlich verfolgen an der distalen Verschiebung des actinalen Mesopterygiumrandes, welcher sich über das Niveau der Marginalien hinaus verlagert.

Mehrere Zustände, die in verschiedenen Stadien auftraten, mit einander kombinirt, ergaben das vollständige Bild einer mit proximaler Reduktion verbundenen distalen Verschiebung der ganzen Skeletplatte (s. o. Theil I). Dabei bleibt die nähere Beziehung derselben zum Propterygium gewahrt, und dies sehen wir auch für das

Propodium erhalten in jenem späteren Stadium des ganzen Vorganges, welches uns durch die Amphibien repräsentirt wird. Auch hier liegt ja noch ein nicht unbedeutender Theil des Carpus zwischen den Theilen des Zeugopodium; das Endstadium des Prozesses ist noch nicht erreicht, wir sehen vielmehr noch eine Fortsetzung dieses Verlagerungsvorganges auf der zu den höheren Wirbelthieren führenden Bahn vollzogen und zwar in höherem Maasse am Carpus als am Tarsus.

Dass manche vermittelnde Stadien vermisst werden, kann nicht verwundern. Die Hauptsache bleibt, dass wir schon bei den Crossopterygiern eine Entwicklungsrichtung nachweisen können, als deren Konsequenz sich der Befund am Mesopodium der Landwirbelthiere mit Nothwendigkeit ergibt.

Auch die andere Differenz zwischen Mesopterygium und Mesopodium lässt sich in befriedigender Weise aufklären.

Die Einheitlichkeit des Mesopterygiums ist schon bei den Crossopterygiern keine vollständige. Abgesehen davon, dass in der Vorfahrenreihe der recenten Formen sehr wohl bereits Differenzirungen einzelner Stücke des Mesopterygiums bestanden haben mögen und dass die Foramina Mesopterygii auf solche hinweisen könnten, prägt sich, wie ich oben gezeigt habe, in der Stellung der Knorpelzellen eine beginnende Differenzirung aus, indem das vollständig gleichartige Verhalten aufgegeben wird. Auch das Auftreten der einen Ossifikation zeigt immerhin eine Besonderheit der Fortentwicklung, wenn auch darin nicht an die Zustände des Cheiropterygiums sich eine Anknüpfung bietet. Die letztere möchte ich in einem gemeinsamen Urzustand vollständiger, gleichmässiger Entfaltung im ganzen Bereich des Mesopterygiums resp. Mesopodiums erblicken. Dass ein solcher für die Landwirbelthiere angenommen werden darf, geht aus ontogenetischen und aus paläontologischen Thatsachen hervor.

Es ist auffallend, dass das Verhalten der fossilen Formen bisher für die Geschichte des Carpus und Tarsus gerade in einem sehr wichtigen Punkte keine Verwerthung gefunden hat. Wenn derselbe auch negativer Natur ist, so wirft er doch Licht auf das Verhalten des Mesopodiums der Stegocephalen, deren ungeheure Bedeutung für die Stammesgeschichte der Amphibien und Sauropsiden niemand mehr bezweifelt. Nach den übereinstimmenden Angaben von CREDNER und FRITSCH, auf deren schöne Darstellungen ich verweise, war der Carpus und Tarsus vieler Vertreter dieser Thiergruppe vollständig knorpelig.

So zeigt es FRITSCH bei *Branchiosaurus salamandroides* (Fauna der Gaskohle I, 1. Taf. 5), *Limnerpeton obtusatum* (I, 3. Taf. 35), *Amphibamus grandiceps* (I, 2. pag. 93), *Melanerpton pulcherrinum* (I, 2. Taf. 14) u. a.

Die Erscheinung, dass bei allen diesen Formen sich keine Knochenmassen im Bereich des Mesopodiums erhalten haben, kann nicht anders gedeutet werden, als dass hier eben keine solchen bestanden haben; sind doch alle übrigen, zum Theil sehr geringen Knochenmassen an den Actinalien und Phalangen auf's Beste konservirt. So sagt auch CREDNER von *Branchiosaurus* ausdrücklich, dass die Hand-

wurzel vollständig knorpelig war. „Aus diesem Grunde entspricht ihr, überall wo einigermaassen erhaltene Vorderextremitäten vorliegen, ein Zwischenraum von etwa 2 mm Länge zwischen Fingern und Carpalende der Unterarmes.“ Dasselbe gilt vom Tarsus. (Zeitschr. der deutschen geol. Ges. XXXIII, pag. 323.)

Diese Beispiele werden genügen, um die rein knorpelige Beschaffenheit des Carpus und Tarsus in einer gar nicht so sehr weit zurückliegenden Vorfahrenperiode der Landwirbelthiere darzuthun.

Freilich können wir uns an diesen Objekten kein Urtheil bilden über die Beschaffenheit dieser Knorpelmasse im Einzelnen. Es könnten ja die späteren Knochen des Mesopodiums bereits vollständig in knorpeliger Materie von einander gesondert aufgetreten sein. Ich wollte aber eine vollständig kontinuierliche Knorpelmasse als Ausgangspunkt darthun.

In dieser Hinsicht ergänzen die ontogenetischen Untersuchungen STRASSER'S in ausgezeichneter Weise die paläontologischen Urkunden. Bezüglich des Carpus möchte ich den Angaben STRASSER'S vor denen GOETTE'S den Vorzug geben.

Letzterer lässt von vornherein den Carpus in Form einzelner Knorpelsäulen hervorwachsen, welche von einander ganz getrennt sein sollten. STRASSER aber konnte mittelst einer sehr empfindlichen Färbemethode, durch welche auch ganz geringe Spuren von Knorpelsubstanz sich nachweisen liessen, den Nachweis erbringen, dass sich zwischen diesen Knorpelsäulen noch ein zartes Netzwerk von Knorpelgrundsubstanz befindet; er kommt daher mit Recht zur Annahme einer vollständig kontinuierlichen Knorpelanlage von Carpus und Tarsus und betont die darin sich ausprägende Aehnlichkeit mit einer Flosse, in welcher eine kontinuierliche, von Gefässlücken durchbohrte Gewebsplatte bestand. Schöner kann die Beziehung der Urodelen-Ontogenese zu einem Crossopterygierstadium gar nicht dargethan werden.

In dieser Masse haben sich erst allmählich die einzelnen Theile des Carpus und Tarsus von einander gesondert, wobei den Gefässen eine gewisse leitende Rolle zuzukommen scheint.

Die Ausprägung der Skeletstücke in jene Reihen, welche bei den früheren Gliedmassentheorien eine so grosse Rolle spielten, tritt in früheren Stadien weniger deutlich hervor als später.

Mit der Annahme, dass erst allmählich und ziemlich spät sich im Carpus und Tarsus jene Differenzirungen vollzogen haben, welche den typischen Befund der Mesopodiumknochen liefern, stimmt auch das Verhalten derselben in späteren Zuständen sehr gut überein. Abgesehen von der grossen Neigung der einzelnen Stücke, mit einander zu verschmelzen, während derartige Vereinigungen zwischen Carpus und den angrenzenden Theilen nicht vorzukommen pflegen — eine Erscheinung, welche wohl als eine Art Rückkehr zu dem schon vorher einmal vorhandenen Zustand aufzufassen sein dürfte, ist es die grosse Inkonstanz der Zahl der Carpalien und Tarsalien, welche sich nun leicht erklärt. Namentlich die Erscheinung einer sekundären Vermehrung der Carpalien (FÜRBRINGER) stimmt viel besser mit der Annahme einer all-

mählichen Sonderung dieser Skeletstücke aus gemeinsamer Anlage überein, als mit der Auffassung eines jeden dieser Knochen als ganz primitiver Bildungen. Ich kann daher auch den auf die Duplicität der Centrale sich gründenden Anschauungen keine unbedingte Bedeutung zuerkennen.

Wir kommen zum letzten Abschnitt der Gliedmasse. Die im Bereiche der Epactinalia vollzogenen Aenderungen mochte ich ebenso wie die Frage der Umgestaltung des Dermaltheiles nicht ausführlicher behandeln. Dass hier bedeutende Veränderungen mit der Aenderung des Aufenthaltes von Wasser zu Land sich vollziehen mussten, liegt auf der Hand. Niemand aber wird aus der Unmöglichkeit, diese Dinge im Einzelnen zu verfolgen, einen Einwand gegen die Richtigkeit unserer ganzen Theorie gestalten wollen. Auf diesen Punkt, sowie auf die funktionelle Seite aller bisher behandelten Umgestaltungen werde ich im Schlusskapitel noch zurückkommen.

Wir begnügen uns also, zu konstatiren, dass von den Aetinalien aus sich eine reichere Knorpelproliferation vollzogen hat, welche wie bei den Crossopterygiern die (manchmal doppelten) Epactinalien, so bei den Landwirbelthieren die knorpelige Grundlage der Phalangen hat hervorgehen lassen.

Viel wichtiger sind die Veränderungen, welche die Actinalia erfahren haben müssen. Freilich bezüglich der ganzen Formation dieser Theile und ihrer Anordnung zu distalen überwiegen, wie wir gesehen haben, die Uebereinstimmungen weit die Differenzen. Die bedeutende Grössendifferenz der Metacarpalien und Metatarsalien von den Gliedern des Zeugopodium, welche wir in der höheren Abtheilung auftreten sehen, erweist sich von mehr als einer Seite her als eine ganz sekundäre Erscheinung.

Wir konnten bei den Crossopterygiern die allmählich zunehmende Differenz zwischen Marginalien und Actinalien nachweisen. Polypterus bot die niedere, Calamoichthys die weiter entwickelten Zustände dar. Der Unterschied wird schliesslich sehr bedeutend. Selbst wenn wir berücksichtigen, dass die Marginalien in Vergleichung mit den Landwirbelthieren nicht genau dem Zeugopodium entsprechen, so ist dennoch die Verschiedenheit der Länge der betreffenden Skelettheile relativ viel grösser als bei den niedersten Cheiropterygiern. Bei vielen Amphibien und Stegoccephalen sind die Metacarpalien resp. Metatarsalien gar nicht sehr viel kürzer als die Knochen des Zeugopodiums. Wichtig ist die Verschiedenheit der Zahl und der Anordnung.

Was zunächst die Zahl betrifft, so ist sie schon bei den Crossopterygiern keine fest bestimmte. Bei Polypterus ist sie grösser als bei Calamoichthys. Wie in so vielen anderen Punkten bezeichnete letztere Form das spätere Stadium eines Umbildungsprozesses, der sich am Crossopterygium vollzog, und den ich bereits im deskriptiven Theil in seine weiteren Konsequenzen verfolgt habe. Indem ich dies auch bezüglich der Actinalia that, gelangte ich ganz naturgemäss zu einem Zustande, wo nur noch wenige Strahlen dem Rand des Mesopterygium resp. nunmehr Mesopodium ansitzen; aber für diese wurde noch die alte Art der Vertheilung und Anordnung in Pro- und Metactinalia angenommen. Sehen wir zu, inwieweit sich hieran die Cheiropterygier anreihen lassen. Ist meine ganze Theorie richtig, so muss die Axe des Cheiropterygium in der Nähe des Radialrandes durch Zeug- und Mesopodium gehen.

Am Stylopodium kann man insofern nicht von der Axe sprechen, als dasselbe aus Theilen hervorging, welche im Urzustande nicht in der Axenregion lagen. Wir haben es hier vielmehr mit Theilen von Strahlen zu thun, und dasselbe gilt vom Zeugopodium. Auch in den weiter distalen Theilen kann es sich meines Erachtens nur darum handeln, die Gegend nachzuweisen, welche der Axenlinie des Crossopterygiums entspricht. Die früher gestellte Forderung, dass solche Axe stets durch Skelettheile markirt sein müsse, scheint mir ungerechtfertigt, da dies Postulat nicht einmal für den proximalen Theil des Crossopterygium erfüllt werden kann. Dass ich auch am Carpus und Tarsus der Axe keine Bedeutung für die Anordnung der einzelnen Knochenstücke anerkenne, geht aus dem Früheren hervor. In diesem Punkte stimme ich mit EMERY überein, und ich werde im nächsten Kapitel versuchen, Licht zu verbreiten über die regelmässige Anordnung der Mesopodialknochen in Reihen, welche in der früheren Gliedmassentheorie eine so wichtige Rolle spielte.

Praktisch wichtig scheint mir die Axenfrage nur für den Theil der Extremität zu sein, wo wirklich noch Strahlen intakt erhalten sind und sich in bestimmter Weise gruppieren. An der Stellung der Finger können wir einen neuen Prüfstein für die Richtigkeit der ganzen Lehre finden. In dieser Hinsicht bleibt denn auch die schönste Bestätigung nicht aus. Die Besonderheit des metapodialen Randes auch im Bereich der Actinalien ist eine so weit verbreitete Erscheinung, dass es gestattet ist, sie als ein Attribut des Urzustandes anzusehen. Schon bei den Amphibien, soweit sie primitive Zustände sich bewahrt haben und in allen Abtheilungen, welche die maximale Fingerzahl besitzen, sehen wir eine verschiedene Stellung der Finger zur Längsaxe der Gliedmasse. Der I. Finger nimmt eine Sonderstellung ein gegenüber den vier anderen. Der erste geht schräg metapodial, die anderen in schräg propodialer Richtung ab. In der Oppositionsfähigkeit des I. Fingers wird dieser primitive Zustand weiter ausgenutzt.

Den I. Finger beziehe ich auf die Metaactinalien, hingegen II., III., IV. und V. Finger auf die Proactinalien. Die Axe muss nach den Crossopterygierbefunden in der Gegend des II. Fingers durchgehen. Darin hat GOETTE nahezu das Richtige getroffen, nur dass ich den proximalen Theil der von ihm konstruirten Axe nicht anerkenne, und dass ich es falsch finde, die Axe nothwendigerweise durch einen Finger selbst legen zu wollen. Aber in der Erkenntniss der Gegend der Axe ist GOETTE weiter gekommen als GEGENBAUR und HUXLEY.

Während das Zahlenverhältniss der Pro- und Metaactinalia zu einander am Cheiropterygium im Allgemeinen mit dem am Crossopterygium übereinstimmt, ist die absolute Zahl derselben bei beiden Objekten sehr verschieden. Die Reduktion der Actinalia ist jedoch sehr leicht zu deuten. Es wurde bei Calamoichthys sehr wahrscheinlich gemacht, dass eine rein sekundäre Vermehrung der Proactinalien statt haben kann, indem solche von distalen Epiphysen der bereits früher vom Mesopterygium aus entstandenen Actinalien sich entwickeln. Auch an den Metaactinalien konnten wir das verfolgen. Beide Crossopterygier haben zwei Metaactinalien. Wir brauchen uns nur zu denken, dass die Entfaltung des mehr am Rande gelegenen

unterbleibt (und bei Calamoichthys vollzieht sie sich sehr spät), so erhalten wir das Metactinale des Cheiropterygium. Dieselbe Vorstellung wird für die Proactinalien keine Schwierigkeit haben.

In ähnlicher Weise fasst auch EMERY die allmähliche Reduktion der Actinalien auf „nella evoluzione che ha trasformato il crossopterygio in cheiropterygia“. Er betont, dass diese Reduktion nicht „dagli extremi della serie, nè per eliminazione di determinati raggi, ma per formazione di un numero diverso e successivamente minore di raggi, nell'ontogenesi delle singole forme della serie fletica“, erfolgt sei (pag. 28). Die Verschiedenheit der Zahl der Actinalien kann somit die Vergleichbarkeit von Crossopterygium und Cheiropterygium nicht stören. Diese Verschiedenheit wird noch verringert durch das gegenseitige Zahlenverhältniss in den beiden Gruppen der Actinalien, insofern die Proactinalien bei Weitem überwiegen.

Die Beschränkung der Actinalien auf die Fünf-Zahl muss einen relativ sehr alten Zustand bedeuten. Ueber den Faktor, der gerade diese Zahl bestimmte, können wir vorläufig nichts Bestimmtes aussagen.

Eine andere Frage aber wird durch diese Beziehungen des Crossopterygium zum Cheiropterygium beleuchtet, nämlich die Frage nach dem Wesen des Praepollex, Praehallux und Postminimum. Wir wollen diese Frage im folgenden Kapitel erörtern, hier aber müssen wir die Thatsachen vorführen, die für dieselbe von Bedeutung sind.

Von den Skelettheilen des Crossopterygiums haben wir zwei noch nicht auf entsprechende des Cheiropterygiums bezogen. Ich meine die beiden Epimarginalia. Dass sie den Actinalien nicht gleichwerthig sind, habe ich oben gezeigt. Wir können daher nicht erwarten, sie als Finger an der Landgliedmasse anzutreffen. Ihnen können höchstens fingerähnliche Theile entsprechen, so gut die Epimarginalien den Actinalien in ihrer ganzen Konfiguration ähnlich sind. Fragen wir uns, wo die betreffenden Stücke werden liegen müssen, so ergibt es sich, dass sie den Rand des Cheiropterygiums einnehmen werden, wobei sie ihre Beziehung zu Pro- und Metapodium bewahren werden.

Diese Voraussetzungen treffen in der That auf das Beste zu. Die gesuchten Skelettheile sind da, sie waren jedoch bisher durchaus unverständlich. Nun sind sie mit einem Schlage nicht nur begreiflich, sondern sie bilden einen nothwendigen Theil der Extremität. Es sind jene kleinen Skelettbildungen, die als Pisiforme, Radiale externum (radiales Sesambein) die Grundlage der Theorie von Praepollex, Praehallux und Postminimum geliefert haben.

Das Verdienst, diese Konsequenz aus der Vergleichung des Crossopterygiums und Cheiropterygiums gezogen zu haben, gebührt EMERY. Er sagt: „Dopo ciò la questione tanto dibattuta del prepollice e dell prealluce prende un nuovo aspetto.“ —

Gegen die wesentliche Uebereinstimmung dieser Skeletstücke miteinander, wie sie sich durch die Lagebeziehungen ausdrückt, treten die Differenzen im Einzelnen in den Hintergrund.

Damit wäre denn die Vergleichung der beiden Objekte bezüglich des Skelets vollständig durchgeführt, mit dem Erfolg, dass kein einziger Punkt im Unklaren

gelassen werden musste. Die grossen Verschiedenheiten beider Objekte sind keine derartigen, dass sie eine Vergleichung unmöglich machten, im Gegentheil, sie geben uns den besten Hinweis auf die Geschichte der Extremität, die wir im Schlusskapitel noch in übersichtlicher Weise behandeln wollen. Hier, wo nur die Gegenüber-

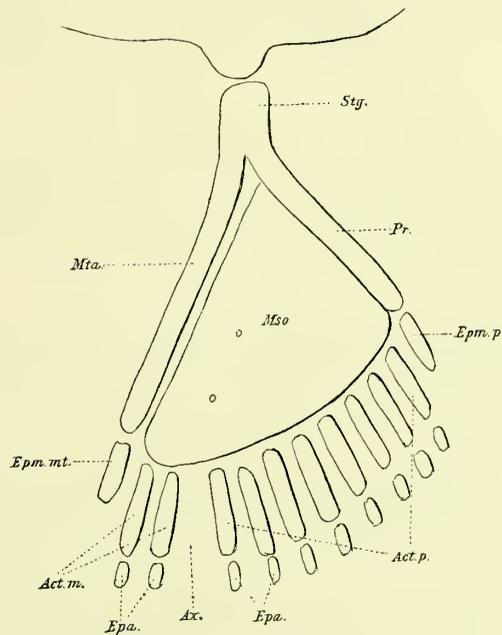


Fig. 31.

Schema des Crossopterygium. Bezeichnungen wie auf den Tafeln.

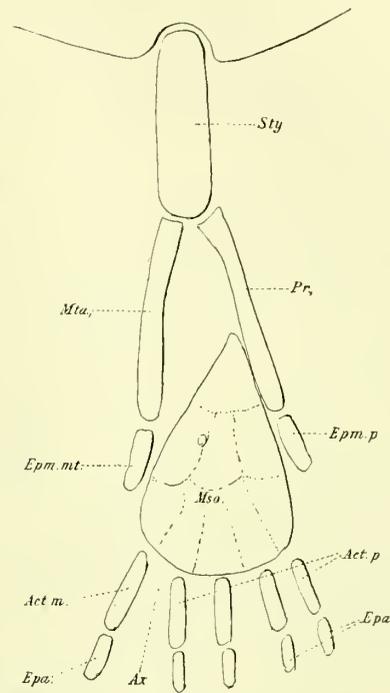


Fig. 32.

Schema des Cheiropterygium. *Sty.* Stylopodium. *Mta.* Metapodium. *Pr.* Propodium. *Epa.* Phalangen. *Act.* Actinalia. *Epm. mt.* Praepolllex. *Epm. p.* Pisiforme.

stellung der Befunde zu ihrem Recht kommen soll, ist es angezeigt, durch beifolgende Tabelle und schematische Figur die Homologie der einzelnen Theile auszudrücken:

Crossopterygium.

Processus Styloides.
 Propterygium (minus Proc. Styl.).
 Metapterygium (minus Proc. Styl.).
 Mesopterygium.
 Actinalia.
 Epactinalia.
 Epimarginale propterygiale.
 Epimarginale metapterygiale.

Cheiropterygium.

Stylopodium (Humerus).
 Propodium (Ulna).
 Metapodium (Radius).
 Mesopodium (Carpus).
 Actinalia (Metacarpus).
 Phalangen.
 Pisiforme (Postminium).
 Radiale externum (Praepolllex).

C. Nerven und Muskeln.

Die Muskeln und Nerven des Cheiropterygiums sind bisher bei den Gliedmassentheorien sehr wenig berücksichtigt worden; speziell eine Vergleichung derselben mit denen des Crossopterygiums ist bisher nicht angestellt worden. EMERY bringt hierüber nichts vor und POLLARD, obwohl er die betreffenden Theile bei *Polypterus* ganz kurz beschreibt, vergleicht doch nur das Skelet mit dem der Landwirbelthiere. —

Die Vergleichung der Weichtheile bei soweit auseinanderstehenden Formen ist auch viel schwieriger als die des Skelets. Man muss dabei immer im Auge behalten, was von Ergebnissen in dieser Hinsicht überhaupt erwartet werden kann. Diese Schwierigkeiten sind bei der Muskulatur noch grösser als bei den Nerven; denn bei der ersteren wird die durch die verschiedene Funktion bedingte Differenz sich ganz besonders deutlich ausprägen müssen.

Da wir aber gezeigt haben, dass nähere Beziehungen zwischen Crosso- und Cheiropterygium bestehen, so dürfen wir auch vor diesem Theil der Aufgabe nicht zurückschrecken. Ich beginne mit den Nerven.

Die Vergleichung der Nerven vom Crossopterygium und Cheiropterygium wird für letzteres den Urzustand des Plexus brachialis heranzuziehen haben, wie ich ihn im vorigen Kapitel entwickelt habe: Eine geringe Anzahl — vier bis fünf — der ventralen Aeste vorderer Spinalnerven verbindet sich durch Ansaen und zieht zur freien Gliedmasse, zum Theil den Knorpel des Schultergürtels durchsetzend. Aus diesem Plexus gehen Aeste hervor, die sich in zwei Schichten sondern lassen. Auf diese beiden lassen sich die FÜRBRINGER'schen Gruppen (Nervi thoracici et brach. sup. — Nervi thorac. et brach. inf.) reduzieren. Es werden also Nerven zur lateralen und zur medialen Fläche der Gliedmasse zu unterscheiden sein.

Bezüglich der peripherischen Verbreitung konnten wir einiges als typisch hinstellen: so die Vertheilung in oberflächliche und tiefere Bahnen zu entsprechenden Muskelschichten.

Ueber den Verlauf der lateralen und medialen Nerven lässt sich nur wenig ganz allgemein Gültiges aussagen. Wenn wir vordere und hintere Gliedmassen berücksichtigten, fanden wir einige immer wiederkehrende Momente ungeachtet der sonstigen Differenzen. Für die medialen Nerven oder Beugennerven bei den höheren Wirbelthieren ergab sich die Tendenz einer Sonderung derselben an der vorderen Extremität in einen mittleren Stamm (Medianus), einen radialen Randstamm (Musculo-cutaneus) und einen ulnaren Stamm (Ulnaris). Obwohl diese Sonderung bei höheren Vertebraten besser ausgeprägt ist, als bei niederen, muss die Möglichkeit einer tieferen Begründung derselben in primitiven Zuständen offengelassen werden. Von den die Strecknerven betreffenden Punkten erscheint der Uebertritt eines solchen über den dorsalen Rand (Radialis — Cruralis — Peroneus) als eine auffallende, immer wieder ausgeprägte Erscheinung.

Damit sind nur einige Grundzüge skizzirt, mit denen die Vergleichung zu rechnen hat. Wir dürfen keine weitgehende Uebereinstimmung zwischen den Armnerven eines Amphibiiums und den Flossen-Nerven des Polypterus erwarten. Es fragt sich nur, ob die Zustände der letzteren sich der Vergleichung mit ersteren darin fügen, dass die bestehenden Differenzen eine Erklärung ohne Schwierigkeit zulassen. Es dürfen keine Differenzen bestehen, die von vornherein jegliche Ableitung von gemeinsamer Basis unmöglich machen. Dies ist auch nicht der Fall. Die Verhältnisse des Polypterus bezüglich dieser Nerven sind zwar recht verschieden von denen der Landwirbelthiere, aber diese Verschiedenheiten sind gerade von grossem Werthe, weil sie den primitiven Charakter unseres Objektes auf's Deutlichste dokumentiren.

Von einem Plexus können wir allerdings kaum sprechen, und gerade dieses Factum ist wichtig. Vier (vielleicht manchmal fünf — POLLARD) Nerven sind es, die zur Gliedmasse treten, darin besteht eine fundamentale Uebereinstimmung, aber nur zwei verbinden sich miteinander — darin besteht die Differenz.

Die Plexusbildung ist hier erst im Beginne, und dies steht im schönsten Einklang mit der Lagerung der ganzen Gliedmasse.

Wir werden durch die Thatsachen veranlasst, der Plexus-Frage ein wenig näher zu treten; denn wie ich glaube, sind die hier vorgelegten Facta von einer gewissen Bedeutung für dies Problem. Durch die Vergleichung der Crossopterygium-Nerven mit denen des Cheiropterygium werde ich zu ähnlichen Anschauungen gedrängt, wie sie GEGENBAUR im Anschluss an eine der schönen DAVIDOFF'schen Extremitäten-Arbeiten geäußert hat (Morphol. Jahrb. V). Indem GEGENBAUR mit Recht das Ungenügende früherer Erklärungsversuche der Plexusbildungen betont, sagt er (pag. 525): „Die Plexusse an sich blieben unverständlich, wenn man sie nicht rein teleologisch erklären wollte. Was sie hervorrief, konnte nicht durch das Experiment am schon Vorhandenen gefunden werden. Dieses vermag wohl die gegebenen Zustände aufzuklären, aber nicht die Kausalmomente des Zustandekommens derselben zu enthüllen. In der Wanderung der Gliedmassen liegt nun ein solches Kausalmoment für die Plexusbildung und durch von DAVIDOFF ist deren Entstehung dargethan worden (pag. 467, 484). Es wird uns in der Bildung eines N. collector die erste Stufe gezeigt, an die andere sich anreihen (vergl. DAVIDOFF, Taf. XXXI, Fig. 27). Wenn wir diese Befunde nur aus stattgefundener Lageveränderung der Hintergliedmasse sammt ihrer, eben von jenen Nerven versorgten Muskulatur zu verstehen vermögen, so gilt das auch für die betreffenden Geflechte der höheren Wirbelthiere. Die hier bestehende Weiterbildung ist eine Differenzirung, die sich aus der an der Muskulatur vorgegangenen Differenzirung ableiten lässt. Die Beziehung der einfacheren Geflechte der Selachier und Ganoiden zur Gliedmasse ist auch an der ziemlich distal von der Austrittsstelle vorhandenen Verbindung der bezüglichen Nerven ausgedrückt. Auch darin liegt ein niederer Zustand, der allmählich einem andern weicht, in welchem die Nervenverbindungen näher gegen die Austrittsstelle emporrücken.“

Wenden wir diese Betrachtungen auf unseren speziellen Fall an, so werden wir in erster Linie die ausserordentlich primitive Bedeutung des Polypterus-Befundes zu konstatiren haben.

Hier liegen noch viel einfachere Zustände vor, als die von GEGENBAUR herangezogenen es sind, ja wir dürfen vielleicht die Sachlage so auffassen, dass hier ein erster Beginn der Plexusbildung vorliegt; dieser nun kann sehr wohl durch Lageverschiebungen erklärt werden. Sind es doch gerade die vorderen Nerven, welche durch eine solche in erster Linie beeinflusst werden mussten.

Die ganze Frage ist jedoch eine so schwierige und komplizierte, dass es äusserst schwer ist, sich eine genauere Vorstellung von dem Hergang der Plexus-Bildung zu machen. Dass die anfangs mehr distale Aneinanderlagerung der Nervenstämmen ein primitiver Zustand sei, aus dem die mehr proximale Verbindung resultirte, würde mit unseren Befunden ganz gut übereinstimmen, insofern zwischen II. und III. Nerven beim jungen Calamoichthys solche Ausbildungen sich fanden, während proximale Beziehungen fehlten. Andererseits kann ich nicht verhehlen, dass mir die Vorstellung solcher Verschiebung einige Schwierigkeiten bereitet. Solange aber keine bessere Erklärung vorgebracht wird, muss dieselbe acceptirt werden.

Angesichts der Lagerung der Nerven, ihres so typischen Verlaufs zu den Rändern und der Mitte der Gliedmasse konnte ich mich des Gedankens nicht erwehren, ob nicht vielleicht auch die Aenderung der Gliedmassenstellung einige Bedeutung für die Ausbildung des Plexus haben könnte. Ich möchte aber diese Hypothese nur ganz vorsichtig andeuten. In der ursprünglichen Haltung laufen die grossen Nervenstämmen einander annähernd parallel, je weiter dorsal ein Theil der Flosse, von um so weiter kranial entspringenden Nerven wird er versorgt. Geht aber aus dieser Haltung jene andere hervor, welche für die Landgliedmasse charakteristisch ist, so muss eine Ueberkreuzung der Nervenstämmen eintreten. Dies sieht man ja schon an der auf der Fig. 11 künstlich hergestellten Supinationslage.

Wird nun die neue Haltung zur Regel, wächst ferner gerade der Stieltheil der ganzen Extremität zu bedeutender Länge heran, so möchte es mir nicht ganz unmöglich erscheinen, dass sich eine nähere lokale Beziehung der grossen Nervenstämmen zu einander entwickelt — denn auch beim Plexus handelt es sich doch nur um eine Aneinanderlagerung der Nervenstämmen.

Damit möchte ich aber nur in ganz beiläufiger Andeutung etwas geäussert haben, von dem ich mir wohl bewusst bin, dass es erst durch weitere Untersuchungen gestützt werden muss.

Für uns kommt es auch nur darauf an, den primitiven Charakter des Crossopterygierbefundes zu beleuchten. Dieser tritt auch recht schön hervor, wenn wir die interessanten Arbeiten von Bolk heranziehen. Bekanntlich hat dieser Autor bei höheren Formen die Beziehungen von Skelet, Muskulatur und Nerven in vorzüglicher Weise dargethan und die Sonderung der einzelnen Segmente selbst in den verwickelten Zuständen des Menschen erwiesen. Er hat dadurch auch die Möglichkeit gegeben, in manchen Punkten die Urzustände zu ergründen, von denen sich die Befunde bei Höhern werden ableiten lassen. Mit seinen Anschauungen dürften die Crossopterygierbefunde recht wohl sich vereinigen lassen. Die Sonderung der Nerven, die strenge

Aufeinanderfolge ihrer Gebiete — dies sind eigentlich gerade solche Urzustände, wie sie für die Aufstellung der „Sclerozonen“ ein Postulat darstellen.

Dieses Ergebniss stimmt gut mit den vom Skelet gewonnenen Resultaten. Je primitiver der Crossopterygierebefund, um so mehr wird die Vorstellung erleichtert, dass das Cheiropterygium von einer ihm verwandten Flossenform sich herleiten lässt. Dass nun die Nerven so sehr einfach sich verhalten, wirft Licht auf das Wesen des Crossopterygium selbst, und, indem es die niedere Stellung desselben bekräftigt, beseitigt es den Einwand, dass man etwa den Cheiropterygiumplexus von dort her nicht ableiten könnte.

Was nun die periphere Ausbreitung der Nerven betrifft, so kann deren Vergleichung naturgemäss nur unter Berücksichtigung der abweichenden Zustände des Plexus geschehen.

Nerven, welche bei den Crossopterygiern getrennt zur Flosse treten, müssen wir uns zu grossen Stämmen zusammengeschlossen denken.

Alsdann gelangen wir zur Aufstellung der folgenden Vergleichungspunkte:

Die *Nervi brachiales et thoracici inferiores* sind repräsentirt durch die *Rami mediales* der *Nervi pterygiales*, während das Homologon der *Nervi thoracici et brachiales superiores* in den *Rami laterales* der *Nervi pterygiales* gegeben ist.

Jede dieser Gruppen gliedert sich in oberflächliche und tiefe Zweige, wie die entsprechenden bei höheren Wirbelthieren zu den betreffenden Muskelschichten.

Von den den „Beugenerven“ entsprechenden Stämmen konnten wir drei unterscheiden: Die Aeste der *Nervi pro-, meso- und metapterygialis*. Versuchen wir für diese noch eine genauere Vergleichung mit höheren Zuständen, so ergibt sich eine recht deutliche Parallele für den Ast des *N. mesopterygialis* mit dem Hauptstamm der Beugenerven bei Amphibien, den wir dem *Medianus* höherer Wirbelthiere vergleichen dürfen. Bei manchen Amphibien besetzt er eine ähnliche Beziehung zu dem „*N. supracoracoideus*“ — wie sich das für *Polypterus* ergab. Das Homologon des *Nervus propterygialis* ist in der gemeinsamen Beugenervenmasse der Amphibien zu suchen, während der betreffende Ast des *N. metapterygialis* zum Theil im *N. coracobrachialis* sein Homologon finden dürfte. Jedenfalls tritt hierbei eine viel schärfere Sonderung der Gebiete hervor, als bei den niederen Landwirbelthieren, und man wird an die Erscheinung bei höheren Thiergruppen erinnert.

Von den Strecknerven der Crossopterygiere erinnert der laterale Ast des *N. propterygialis* in manchen Punkten an die entsprechenden Bildungen bei Cheiropterygiern. Er geht über den dorsalen (*propterygialen*) Rand der Gliedmasse zur lateralen Fläche in ähnlicher Weise, wie das der *Radialis* der Landwirbelthiere thut. In diesem Uebertritt über den betreffenden propodialen Rand ähnelt er auch dem *Nervus peroneus*.

Bedeutende Abweichungen bietet der andere Strecknerv, der *Nervus supracoracoideus*, der laterale Ast des *Nervus mesopterygialis*, dar. Wohl finden wir demselben entsprechende Aeste bei den Landwirbelthieren z. Th. durch den Schultergürtel hindurchtretend, aber niemals reicht ihr Gebiet soweit distal. Wir dürfen in dieser Verschiedenheit keinen, die Vergleichung der übrigen Punkte beeinträchtigenden

Umstand erblicken, sondern nur als Ausdruck dafür, dass eben auf dem Wege von Flosse zu Landgliedmasse auch in der Nervenverbreitung bedeutende Veränderungen eingetreten sind. Dies kann aber nicht weiter wunderbar erscheinen, da wir ja selbst bei den Landwirbelthieren die grössten Verschiedenheiten in solchen Punkten finden.

Wir streifen damit die Frage nach der Umwandlung der Nervenplexus und die wichtige damit zusammenhängende Lehre von der Homologie der Muskeltheile auf Grund ihrer Innervation.

Diese Lehre ist bekanntlich durch FÜRBRINGER in der hervorragendsten Weise gefördert, ja eigentlich erst durch ihn geschaffen worden. Durch die Berücksichtigung der Innervation wurde erst eine wissenschaftliche Myologie möglich gemacht.

Es liegt mir hier völlig fern, in eine Diskussion über diejenigen Punkte einzutreten, welche trotz der grossen, namentlich durch FÜRBRINGER erzielten Errungenschaften nicht aufgeklärt sind, oder dem Verständniss Schwierigkeit bereiten.

Ich will mich hier nur insoweit damit auseinandersetzen, als es nothwendig erscheint, um die Art meiner Darstellung der uns hier speziell beschäftigenden Verhältnisse zu rechtfertigen und auch zu erklären, wesshalb ich den Ausdruck „homolog“ gebrauche in Fällen, welche nach FÜRBRINGER'S Anschauungen dies nicht gestatten würden.

Der schwierige Punkt, um den es sich handelt, ist die Vergleichung von Muskelgruppen, welche bei zwei verschiedenen Thieren in ihrem allgemeinen Verhalten, ihrem Ursprung, Insertion, Verlauf der Fasern etc. übereinstimmen, welche aber von verschiedenen Nerven versorgt werden. Dürfen wir solche Muskeln für einander homolog erklären?

FÜRBRINGER würde nach seiner Auffassung dies für falsch erklären und er hat, um der offenbaren Vergleichbarkeit trotz der verschiedenen Materie gerecht zu werden, die Ausdrücke Parhomologie und imitatorische Homologie eingeführt.

Ich stimme FÜRBRINGER vollständig darin bei, dass Nerv und Muskel zusammengehören, dass mit der Aenderung des einen auch der andere Modifikationen erfährt, und dass die Abweichung der Innervationen den Weg zeigen, auf welchem ein Muskel sich umbildet.

Alles dies verstehe ich vollständig und ich erkenne gern an, dass ein solcher in seiner Materie veränderter Muskel materiell dann ein anderer geworden ist, wenn er seine Innervation gänzlich verändert zeigt. Das Einzige, was mir hierbei zweifelhaft bleibt, ist, ob wirklich durch diese Veränderung die Homologie aufgehoben worden ist, mit anderen Worten, ob wir genöthigt sind, in einer solchen rigorosen Weise den Ausdruck der Homologie nur für solche Organe und Organtheile beizubehalten, für welche die Uebereinstimmung des Substrates ganz sicher gewährleistet ist.

Zwei Punkte sind es, welche es mir erschweren, mich unbedingt der FÜRBRINGER'schen Auffassung anzuschliessen.

Zunächst die Konsequenz derselben, welche nichts anderes besagt, als dass die im Uebrigen ganz übereinstimmenden Muskeln zweier Individuen einer Species nur deshalb einander nicht homolog sein soll, weil sie aus verschiedenen Quellen ihre

Nerven beziehen. Müssen wir nicht mit der Möglichkeit rechnen, dass bei einem und demselben Individuum eine solche materielle Umwandlung eines Muskels sich vollziehen kann? An der Muskulatur der menschlichen Hand möchte Derartiges wohl möglich sein. Wenn dies aber der Fall ist, sind wir wirklich genöthigt, eine solche enge Fassung der Homologie beizubehalten? Ist es wirklich gerechtfertigt, von solchen Betrachtungen aus die Extensoren an Hand und Fuss in ihrer Homodynamie anzuzweifeln? Ich muss offen bekennen, dass ich mich sehr schwer zu einer solchen Ansicht bekennen kann. Ich habe vielmehr den Eindruck, als sei ein an sich äusserst wichtiges Moment der Muskelvergleichung ein wenig überschätzt worden, und was ursprünglich ein Förderungsmittel auf dem Wege der Erkenntniss war, könnte vielleicht zu einem Hemmniss werden.

Sehen wir doch auch — und damit komme ich auf den zweiten Punkt — an anderen Theilen und Organen Umwandlungen des materiellen Substrates sich vollziehen, welche uns nicht im geringsten stören, eine Homologie der betreffenden Theile anzunehmen, vor allem mit diesem Ausdruck die betreffende Beziehung zu bezeichnen — und gerade darum handelt es sich ja. Wir bezeichnen einen Humerus in gleicher Weise, mag er sich in der Periode vollständiger homogener, knorpeliger Beschaffenheit befinden, oder mag er durch die Ossifikation nahezu vollständig seines früheren Materials beraubt worden sein. Wir nehmen auch keinen Austoss daran, dass die Knochen bereits in ihrer fertigen Beschaffenheit einem Umwandlungsprozess unterliegen. Hier liegen diese Veränderungen besonders klar zu Tage; an vielen anderen Theilen würden sie vielleicht ebenfalls den Begriff der Homologie stören können, wenn sie deutlich und vor allem durch makroskopische Veränderungen sich dokumentirten. Im Prinzip aber kann ich in den Verschiedenheiten der Muskeln nichts Anderes erkennen, als das, was uns auch jene anderen Organe zeigen, nämlich die Spuren eines beständig sich vollziehenden Umwandlungsprozesses.

Schliesslich dürfte die ganze Diskussion auf die Frage hinauslaufen, innerhalb welcher Grenzen man ein organisches Gebilde noch als dasselbe ansehen darf.

Bezüglich unseres speziellen Objectes möchte ich durch diese Ausführungen nur die Berechtigung erkämpfen, Muskelmassen für einander homolog zu halten, welche in fundamentalen Punkten, wie Lage zur Gliedmasse, Ursprung, Insertion, Faserverlauf mit einander übereinstimmen, ohne dass dabei in jedem Falle die Innervation als Ausschlag gebendes Moment herangezogen wird.

Bei einer Vergleichung der Muskulatur von *Crossopterygium* und *Cheiropterygium* kann es sich nur um ganz allgemeine Punkte handeln. Ich habe schon vorhin darauf hingewiesen, dass in keinem anderen Organsystem die rein funktionelle Differenz sich deutlicher wird markiren können; ausserdem haben wir durch das Verhalten der Nerven die überaus primitive Beschaffenheit des *Crossopterygiums* kennen gelernt und dürfen uns daher nicht verwundern, auch in der Muskulatur ganz indifferenten Einrichtungen zu begegnen. Im speziellen Theil habe ich dies näher ausgeführt und gezeigt, dass wohl charakterisirte Muskel-Individuen fast noch gar nicht vorhanden sind.

Es wird sich vor allem darum handeln, ob die ganze Anordnung der Crossopterygium-Muskulatur sich als eine solche darstellt, dass wir uns von ihr aus den Zustand der Cheiropterygium-Muskeln entwickelt denken können, und ob diese Beziehung der Weichtheile beider Objekte mit den am Skelet gewonnenen Ergebnissen harmonirt. Den speziellen Nachweis einzelner Muskel-Homologien wird man erst in zweiter Linie erwarten dürfen.

Getreu dem bisherigen Vorgehen wollen wir auch hier zunächst einmal die ganz grob zu Tage tretenden Uebereinstimmungen der beiden Objekte hervorheben. Solche sind vorhanden und zwar in mehreren Punkten. Vor allem zeigt sich der Grundplan der ganzen Anordnung der lateralen Flossenmuskulatur als der gleiche bei Crossopterygium und dem Urzustand des Cheiropterygiums.

In beiden Fällen sehen wir die Scheidung der Muskulatur in einen proximalen und distalen Theil durchgeführt. Der proximale Theil umfasst Muskelmassen, welche vom Gürtel aus zu einer sehnigen Stelle — dem Septum — konvergiren, während die Fasern des distalen Theiles von hier aus zu den Actinalien divergiren.

Diese ganz fundamentale Uebereinstimmung kann nicht genug betont werden. Sie bildet ein gemeinsames Attribut der beiden von uns verglichenen Extremitäten im Unterschied von allen anderen Flossenbildungen. Weder bei Selachiern, noch bei Dipnoern ergab sich Derartiges, wohl aber konnten wir zeigen, dass die Eigenart dieser Anordnung mit den am Skelet sich vollziehenden Umwandlungen in Beziehung steht. Hieraus ergibt sich, dass wir die hinsichtlich des Skelets gewonnenen Anschauungen auch auf die Muskulatur ausdehnen dürfen.

Im Cheiropterygium sehen wir dies Septum immer mit der Stelle des Gliedmassenwinkels in enger lokaler Beziehung. Man könnte geneigt sein, daraus auf eine genetische Zusammengehörigkeit der beiden Bildungen zu schliessen. Nach dem Crossopterygierbefund muss dies sehr zweifelhaft sein: Das Septum ist eine uralte Bildung, welche schon vor der Existenz des Stylopodiums ausgebildet war. Mit der Ausprägung des Winkels gewann dasselbe jedoch Beziehungen zu dem letzteren. Daher treffen wir auch das Septum bei den Crossopterygiern relativ weit proximal gelegen. Die proximale Muskelmasse gewinnt erst mit der Ausbildung des Stylopodiums eine grössere Entfaltung. Die Hauptmasse der Extremität ist durch den, dem Vorderarm plus Hand entsprechenden Theil repräsentirt, und dies spricht sich in der Muskulatur in gleicher Weise wie am Skelet aus.

Die Extensoren-Masse stimmt in der ganzen Anordnung sowie in der Sonderung in oberflächlichem und tiefem Theil an beiden Objekten auf's Schönste überein. Noch bei Formen, welche über den Amphibien stehen, prägt sich in dieser Muskelmasse der flossenähnliche Charakter aus. Ich erinnere an die Befunde bei Reptilien, namentlich bei Cheloniern.

Bei Amphibien haben wir noch ganz primitive Zustände; aber schon hier tritt die Sonderung eines radialen Theiles der Extensorenmasse hervor, welche sich sogar mit den proximalen Muskeln in einer gleichen Lagebeziehung findet, wie dies bei Crossopterygiern der Fall ist, indem Theile des Anconeus ebenso wie bei Crosso-

pterygiern der Coracoseptalis jene distalen Muskelpartien mit freiem distalen Rande überdecken.

Die proximale Muskelmasse lässt viel Gemeinsames erkennen. Vergleichen wir die Anconens-Gruppe eines Amphibiums, so ergeben sich bis in Einzelheiten hinein (wie z. B. die Beziehung zum Coracoid) Aehnlichkeiten mit der bei Polypterus als Zonoseptalis unterschiedenen Muskelmasse (Zonopropterygialis lateralis, Coracoseptalis). Auch den Zonopropterygialis medialis werden wir hierherzuziehen haben.

Eine fernere Uebereinstimmung beherrscht die Flexorengruppe. Schon POLLARD hat darauf hingewiesen, dass hier den Amphibien entsprechend die Sonderung in oberflächliche und tiefe Massen bereits bei Crossopterygiern eingetreten ist. Auch die Museuli interossei stellen einen gemeinsamen Besitz dar.

Endlich möchte ich noch am metapterygialen Rande gewisse Parallelen konstatiren. Das Homologon der als Biceps, Coracobrachialis, Coracoradialis u. s. w. zusammengefassten Muskeln erblicke ich in dem wohlgesonderten Coraco-Metapterygialis der Crossopterygier, welcher in grosser Ausdehnung namentlich die distalen Partien des Metapterygium okkupirt.

Die daneben existirenden Verschiedenheiten sind natürlich bedeutend. Sie kommen aber auch erst in zweiter Linie in Betracht, da es in erster Linie sich darum handelt, die Vergleichbarkeit der beiden Objekte zu begründen. Die Aufgabe nun auch im Speziellen darzustellen, wie sich allmählich die Muskulatur etwa der Amphibien aus einem den Crossopterygiern ähnlichen Zustande entfaltet, kann hier gar nicht in extenso behandelt werden. Ist es doch klar, dass wir hierfür die Zustände der Amphibien selbst ganz ausführlich schildern müssten. Dies würde einmal den Rahmen dieser Arbeit weit überschreiten, und zweitens würde es nöthig werden, Resultate von Untersuchungen mitzutheilen, die an anderem Orte veröffentlicht werden sollen.

Ueber die Muskulatur der freien Gliedmasse bei den Landwirbelthieren sind wir durch die in der Litteratur niedergelegten Angaben keineswegs so gut unterrichtet, wie z. B. über diejenigen der Schulter, wo ja FÜRBRINGER'S schöne Arbeiten ein ausgezeichnetes Fundament geliefert. Hier aber sind es gerade distale Theile, mit denen wir rechnen müssen, und da besteht zwischen der Bearbeitung des Skelets und der Muskulatur eine weitgehende Differenz. Nicht einmal die Aufgabe, die Muskulatur der vorderen und hinteren Gliedmassen auf einen gemeinsamen Ausgangszustand zurückzuführen, ist bisher in auch nur einigermaassen befriedigender Weise in Angriff genommen, geschweige denn gelöst worden. Hier also eröffnet sich ein grosses Arbeitsfeld. Für dieses — und ich bin mit der Bearbeitung desselben seit längerer Zeit beschäftigt — wird nach meinen bisherigen Erfahrungen die hier geleistete Arbeit eine gute Vorbereitung für das Verständniss der ganzen Gliedmassenmuskulatur der Wirbelthiere liefern.

Hier will ich nur einige Hauptdifferenzpunkte der crossopterygialen und cheiropterygialen Muskulatur hervorheben, nur um den Weg anzudeuten, wie solche ver-

ständig gemacht werden können und um zu zeigen, dass aus ihnen keine triftigen Einwände gegen die ganze Lehre hervorgehen können.

Es leuchtet ein, dass mit der Veränderung des Schultergürtels auch tiefgreifende Modifikationen der proximalen Flossenmuskulatur Hand in Hand gehen werden, und diese betreffen vorzugsweise die laterale Seite, auf welcher sich Theile des Zonoseptalis mit dorsalen, auch caudalen Partien hin erstrecken. Beziehungen zur Rumpfmuskulatur bahnen sich an und komplizieren die einfachen Verhältnisse. Auch für die mediale Fläche gilt dies, wo aber nicht sowohl die eigentliche Flexoren-Masse als auch die metapterygiale Gruppe solche Beziehungen erwirbt.

Ferner muss die Veränderung des Skelets der freien Gliedmassen von tiefgreifenden Modifikationen der Muskulatur begleitet sein. Das Gleiche, was wir für die Phylogenese des Urzustandes der Cheiropterygialmuskulatur zeigen konnten, wird auch die meisten Komplikationen beherrschen. Je weiter distal, desto geringer wird die Wirkung dieser Komplikationen sein, und dies stimmt ja in ausgezeichneter Weise mit dem Verhalten des Skelets überein. Nur die Verschmälerung der ganzen Gliedmassen, welche mit der distalen Verlagerung des Mesopodium einhergeht und die parallele Stellung der Zeugopodial-Knochen hervorgehen lässt, wird die Extensoren und Flexoren beeinflussen, deren oberflächliche Theile daher auch noch am allermeisten den ursprünglichen Zustand wiederholen. Die tiefen werden zum Theil wenigstens weiter distal verlagert und erfahren bedeutendere Aenderungen der Ursprungs- und Faserverlaufs-Verhältnisse.

Viel bedeutender werden die Veränderungen an den proximalen Theilen sein. Entfaltet sich doch hier ein ganz neuer Skelet-Theil, das Stylopodium. Nicht nur eine Verlängerung und Verschmälerung der dasselbe überlagernden Muskelmassen, wie des Zonoseptalis wird die Folge sein, auch eine Aenderung der Ursprungsverhältnisse distaler Muskelmassen wird dadurch herbeigeführt. Der neue Skelettheil gewinnt Beziehungen zu bindegewebigen Septen, welche schon früher als Ursprungsstellen der Extensoren und Flexoren gedient hatten. Ich meine die Flossensepta der Crossopterygier. Das laterale Flossenseptum hat ja (s. o.!) ursprünglich gar nichts mit dem Gliedmassenwinkel zu thun; dass es aber nach dessen Bildung mit ihm lokale Beziehungen eingeht, ist nicht schwer verständlich. Ebenso verhält es sich mit dem medialen. Von diesem hatte ich im deskriptiven Theil gezeigt, dass es durch die Vermittelung des Ligamentum zonomesopterygiale mit tieferen Theilen, speziell dem Schultergelenk in Konnex steht. Erwägen wir, dass gerade an dieser Stelle sich das Stylopodium entwickelt, so dürfen wir nicht erstaunt sein, wenn wir sehen, dass im Cheiropterygium die oberflächliche Flexoren-Masse vom Humerus ihren Ursprung vorzugsweise bezieht.

Auch die Veränderungen der Metapterygialgruppe scheint mir einer Deutung keine Schwierigkeit in den Weg zu setzen. Während die Ursprungsverhältnisse dieselben blieben, hat sich die Insertion verschoben und ist in proximaler Richtung am Metapodium aufwärts gewandert, weit mehr an der vorderen, als an der hinteren Extremität.

Wir wollen damit die vergleichende Betrachtung der Muskeln und Nerven schliessen, um bei einer späteren Gelegenheit auf diese Verhältnisse zurückzukommen und sie als Grundlage für die mannigfache Differenzirung des Cheiropterygiums und seiner Muskulatur zu verwerthen.

Für unsern vorliegenden Zweck haben wir das Erforderliche erreicht. Wir konnten zeigen, dass die Zustände der Nerven und Muskeln insofern mit denen des Skelets harmoniren, als auch sie durchweg auf die entsprechenden Punkte des Cheiropterygiums beziehbare Bildungen repräsentiren. Ja noch stärker als beim Skelet müssen wir bezüglich der Weichtheile den Eindruck gewinnen, dass das Crossopterygium sehr primitive Zustände fortführt, und dass das Cheiropterygium zweifellos von einer demselben ähnlichen Form abgezweigt sein muss.

Dass auch hinsichtlich der Gefässe dieser Gesichtspunkt sich bewährt, scheint mir aus den vorliegenden Thatsachen hervorzugehen. Die grosse Arterie des Crossopterygium, welche in der Gegend des Mesopterygium verläuft und von dort aus die Rami perforantes zur lateralen Fläche entsendet, fordert ja ganz direkt zu einer Vergleichung mit der Arteria interossea heraus, desgleichen finden die perforirenden Aeste die schönste Parallele bei den Landwirbelthieren (Art. perforans carpi). Auch das bogenförmige Gefäss am Rande des Myaltheiles dürfte an dem Cheiropterygium vergleichbare Bildungen ohne Mühe erkennen lassen.

Ein genaueres Eingehen an der Hand injizirter Präparate des Crossopterygium wird ohne Zweifel noch weiter die Uebereinstimmungen hervortreten lassen.

Die Beziehungen zwischen Crossopterygium und Cheiropterygium treten so klar zu Tage, dass man sie nicht länger ignoriren darf. Immerhin wird aber noch zu erörtern sein, wie man sich diese Beziehungen zu denken habe und auf welchem Wege das Gemeinsame der beiden Objekte seine Erklärung finden muss.

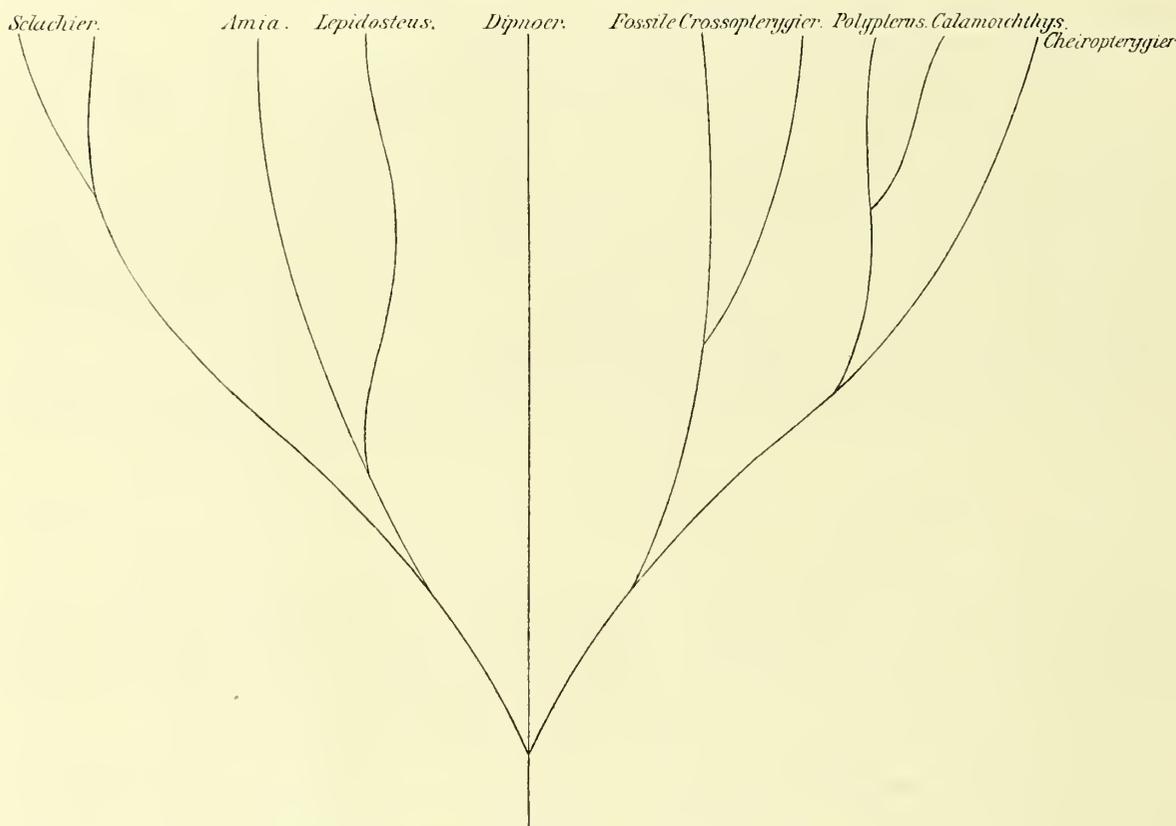
Zunächst wird zugestanden werden, dass beide Gliedmassenarten auf eine gemeinsame Urform zurückgeführt werden können — das Archipterygium. Damit ist aber nicht genug gesagt: Als solches können wir das Cheiropterygium nicht auf das Archipterygium zurückführen, wohl aber vermitteltst des Crossopterygium. Also eine vermittelnde Stellung sprechen wir dem letzteren zu, und damit ist die Sachlage schon etwas schärfer präzisirt.

Natürlich kann von einer direkten Herleitung der Landgliedmasse vom Crossopterygium nicht die Rede sein; wohl aber dürfen wir unsern Standpunkt dahin angeben, dass eine auf längerer Strecke gemeinsame Entwicklungsbahn angenommen wird, von welcher aus in einer Richtung das Crossopterygium, in einer anderen das Cheiropterygium sich abgezweigt hat.

Es könnte vielleicht versucht werden, alle hervortretenden Aehnlichkeiten lediglich als Konvergenzerscheinungen zu deuten. Selbst wenn dies zugestanden würde, so wäre der Gewinn, der uns aus der Erkenntniss des Crossopterygium erwächst, ein

grosser, denn wir würden den Weg angebahnt sehen, wie sich ein solches Cheiropterygium entwickelt haben mag. Die hier vorgetragenen Anschauungen würden also nicht gefährdet. Aber ganz abgesehen davon dürfte es Schwierigkeiten machen, bei so vielen bis in's Einzelne gehenden Uebereinstimmungen reine Konvergenz annehmen zu wollen. Ich muss dies mindestens für unwahrscheinlich erklären.

Zweifellos hat das Crossopterygium namentlich in seinen späteren Stadien eine eigenartige Entwicklungsbahn eingeschlagen, ja es scheint, dass es schon einmal dem Cheiropterygium näher gestanden und sich sekundär wieder davon entfernt habe.



Schema des Stammbaumes des Ichthyopterygium und Cheiropterygium.

Sehr bedeutend aber ist diese einseitige Fortentwicklung, diese Abweichung von der grossen Bahn nicht gewesen. Sie prägt sich u. a. in der eigenartigen Ossifikation des Mesopterygium, den späteren Schicksalen des Processus styloides, vielleicht einer sekundären Vermehrung der Actinalien aus. Dies ist aber auch alles. In den Weichtheilen könnte eine theoretisch konstruirte Urform des Cheiropterygium kaum besser durch die Thatsachen illustriert werden, als dies beim Cheiropterygium der Fall ist.

Meine Ansicht also ist, dass wir nach Eliminirung gewisser Eigenthümlichkeiten in der Crossopterygierflosse ein schönes Zwischen-

stadium auf dem Wege vom Archipterygium zum Cheiropterygium gewonnen haben.

Die Verwandtschaftsbeziehungen der betreffenden Thierformen widersprechen diesem Schluss keineswegs. Der beifolgende Stammbaum drückt im Einzelnen die Anschauungen über die Gliedmassen aus, zu welchen ich hinsichtlich der Fische und der Landwirbelthiere gelangt bin.

V. Cheiropterygium und Archipterygium.

Durch die Ergebnisse der vorangehenden Untersuchungen und Betrachtungen haben wir eine neue Grundlage für die Anwendung der Archipterygiumtheorie auf die Gliedmassen der Landwirbelthiere gewonnen. Auf dem weiten Wege vom primären Archipterygium bis zum Cheiropterygium ist eine neue, beide Zustände vermittelnde Etappe geschaffen worden. Beziehungen, die bisher in direkter Weise von einer derjenigen der Dipnoer ähnlichen Flossenurform zum Amphibien-Arm sich nicht herstellen liessen, sind durch das neue vermittelnde Stadium gesichert worden.

Wir haben in den vorangehenden Abschnitten die beiden Strecken dieses Weges von einander gesondert betrachtet. Hier, zum Schluss, wollen wir in grossen Zügen die Ergebnisse der früheren Kapitel zusammenfassen und ein einheitliches Bild von der Vorgeschichte der Landgliedmassen zu entwerfen suchen.

Dabei wollen wir versuchen, das Wenige vorzubringen, was sich über die funktionelle Seite der betreffenden Vorgänge aussagen lässt, worauf ich bisher nicht weiter eingegangen bin. Schliesslich sollen diejenigen Punkte betont werden, welche uns bis in die höchsten Zustände als Erbstücke früherer Perioden entgentreten, welche nur durch das einstige Flossenstadium verständlich werden und zum Theil in eigenartiger Weise bei den Landwirbelthieren sich entfalten.

Hauptsächlich wollen wir hierbei das Skelet berücksichtigen, bezüglich der Muskeln und Nerven nur das Nothwendigste beifügend.

Als Ausgangszustand dient uns die sagittal gestellte Urflosse, welche als Skelet das reine biserialle Archipterygium in knorpeliger Materie besitzt. Der Stamm trägt zahlreiche dorsale und ventrale Radien, welche mit dem Skelet des in eine Spitze anlaufenden Dermaltheils in Verbindung stehen. Eine gleichmässige dorsale und ventrale Muskelmasse mit einem der Axe im Ganzen parallelen Faserverlauf deckt das Skelet.

Bereits in einem solchen Stadium möchte ich die ersten Vorgänge annehmen, welche sich auf einen Wechsel des Aufenthaltes der betreffenden Vorfahrenformen vom Wasser- zum Landleben beziehen.

Einen solchen Uebergang dürfen wir uns keineswegs plötzlich vorstellen. Das Wahrscheinlichste ist, dass er zunächst gar nicht definitiv erfolgt sei. Ich halte die Vorstellung für berechtigt, dass die betreffenden Ganoiden — denn um solche wird es sich handeln — durch äussere Umstände genöthigt, eine Zeit lang auf dem Lande sich fortzubewegen suchten, dass dann aber wieder eine Rückkehr in das feuchte Element stattfand. Also eine Art periodischer Versuche nehme ich an. Für diese Vorstellung scheinen mir mehrere die jetzt lebenden Thiere betreffende Thatsachen zu sprechen. Einmal haben wir in allen Abtheilungen diese sekundäre Rückkehr in's Wasser und zwar um so ausgedehnter, je niedriger die betreffenden Thierformen stehen. Für die Amphibien ist es sehr wahrscheinlich, dass viele derselben eine längere Periode des Landaufenthalts hinter sich haben, und dass viele ihrer Einrichtungen als sekundäre Anpassungen an das erneuerte Leben im Wasser aufgefasst werden müssen.

Andererseits sehen wir bei manchen Fischen eine zeitweise Nöthigung zum Landaufenthalt eintreten. Man glaubte auch bisher vom Ceratodus, dass er seine Vorderflossen zur Fortbewegung auf dem Lande verwerthen könne. Nach SEMON'S trefflichen Angaben ist dies ein Irrthum gewesen. Er hat nie einen Ceratodus in solcher Lage gesehen und erklärt ihn für ein reines Wasserthier, dessen Lungen sich nicht von einem Landaufenthalt ableiten lassen. „Schon GÜNTHER hebt mit Recht hervor, dass die paarigen Flossen des Ceratodus zu schwach und biegsam sind, um den schweren Körper auf dem Lande fortzubewegen.“

Mir scheint aber aus diesen Dingen nur hervorzugehen, dass die jetzt lebenden Formen Derartiges nicht vermögen; dass in der Vorfahrenreihe derselben aber Formen mit einem kräftigeren Archipterygium existirt haben mögen, lässt sich nicht abweisen, und bei solchen könnten doch die beim recenten Thier als Irrthum erkannten Vorgänge sich abgepielt haben.

Wir kommen auf keine Weise um diesen Punkt herum: Einmal muss der Versuch des Uebergangs von Wasser zu Land gemacht worden sein, und dass es im Stadium einer grossen Primitivität der Flosse geschah, ist sehr wahrscheinlich.

Noch einen anderen Punkt müssen wir hier in den Kreis der Betrachtung ziehen. Wir haben in der von aussen nach innen sich entfaltenden Knochenbildung einen Faktor, welcher für die Funktion der Gliedmasse als Stützorgan schon bei jenen hypothetischen Urformen eine Rolle gespielt haben mag. Denken wir uns einen Zustand, wo das Archipterygium zwar in seinem ganzen Typus voll erhalten, die Strahlen aber theilweise von der Knochenbildung ergriffen und von dünnen Knochenhülsen umhüllt waren. Eine Verwendung einer solchen Gliedmasse als Stützorgan musste auf die innere Beschaffenheit von Wirkung sein. Wir werden diese Betrachtungen natürlich nur in ganz allgemeiner Weise anstellen können und müssen uns die Einwirkung der Funktion auf den Bau des Organs als eine durch viele Generationen hindurch erst sich entfaltende denken.

Welche äusseren Anlässe etwa hierbei im Spiele waren, die eine Aenderung des Aufenthalts und der Lebensweise bedingten, können wir nicht erörtern und hat auch für unseren speziellen Zweck keine prinzipielle Bedeutung.

Die Wirkungen der erworbenen Stützstellung erblicke ich in Folgendem: Einmal trat eine Verkürzung der ganzen Flosse ein, mit der eine Verbreiterung Hand in Hand ging. Am Skelet wird dies in der Umwandlung des schlanken Axentheils in eine breite Knorpelplatte zum Ausdruck gekommen sein. Damit in Zusammenhang steht die Leistung, die jenen beiden Radien zufiel, welche am meisten gegen den Schultergürtel zu vom Stamm abgingen. Diese werden naturgemäss bei jedem Stützversuch ganz hervorragend belastet worden sein.

In diesen mechanischen Momenten möchte ich die Ursache erblicken dafür, dass im Unterschied von den anderen Thieren die Crosso- und Cheiropterygier sich ventrale Radien, wenn auch in geringer Zahl, so doch in sehr mächtiger Entfaltung bewahrt haben. Aus der Funktion des Ruderorgans wird der Bau des Crossopterygiums sehr schwer verständlich, denn für die Bewegung im Wasser sehen wir stets die dorsalen Radien die Hauptrolle spielen.

Man erkennt, dass die Betrachtungen ein eigenthümliches Licht auf die Vorgeschichte der Polypterinen werfen; sie führen uns zu der Hypothese, dass in der Vorfahrenreihe derselben Formen existirten, welche, wenn auch nur vorübergehend, Anfänge einer amphibischen Lebensweise besessen haben. Diese Annahme wird unterstützt durch die Organisation der Schwimmblase, sowie durch manche andere, den inneren Bau betreffende Punkte, in welchen eine Annäherung an die Organisation fossiler und recenter niederer Landwirbelthiere hervortritt. Auch die äusseren Kiemen am Operculum von Polypterus und Calamoichthys sind bemerkenswerth.

Mit der definitiven Rückkehr in das feuchte Element leiten sich sodann die sekundären Umwandlungen ein, welche am Crossopterygium den Flossencharakter wieder reiner hervortreten lassen.

Mit den Veränderungen am Skelet waren auch Umwandlungen der Muskulatur verbunden. Ich habe gezeigt, wie die innere Einknickung der Extremität, welche durch die distale Verschiebung mittlerer und die proximale Vorlagerung marginaler Theile zu Stande kommt, auch an der Muskulatur sich ausprägt durch die Sonderung eines proximalen konvergenten und eines distalen divergenten Theiles der lateralen Flossenmuskulatur. Andererseits verhilft die mächtige Entfaltung der Rand-Radien der marginalen Muskulatur zu grösserer Selbstständigkeit. Zum Propterygium vom Schultergürtel gelangende Muskelmassen sondern sich von den die Flächen drehenden Partien, und in noch höherem Maasse wird eine coracometapterygiale Muskulatur individualisirt. Mit dem Mesopterygium rückt medial ein primitiver „Flexor“ distal, welcher ebenso wie der ihm gegenüberliegende Extensor eine Sonderung in oberflächliche und tiefe Theile erfährt.

Die Nerven behalten zunächst sehr primitive Verhältnisse bei. In Zusammenhang mit einer beginnenden caudalen Vorlagerung der Flosse bahnten sich die Anfänge einer Plexusbildung an.

Die Verhältnisse der Crossopterygier sind darin so einfach, dass wir sie wohl als ein ziemlich getreues Abbild des Vorfahrenzustandes der Landwirbelthiere betrachten können. Etwa vier ventrale Spinalnerven-Aeste lieferten die zur freien Extremität tretenden Stämme, welche wir als Pro-, Meso- und Metapterygialis unterschieden haben. Jeder theilt sich in laterale und mediale Aeste zu den betreffenden Flächen der Flosse.

Der Metapterygialis bleibt am betreffenden Rande, Pro- und Mesopterygialis vereinigen sich je mit ihren lateralen und medialen Aesten, sowohl funktionell als auch durch periphere Ansabildung zur Versorgung der primitiven Extensoren- und Flexoren-Massen. Im Einzelnen sei auf die betreffenden Beschreibungen im I. Theil verwiesen.

In diesem Zustande trennen sich die Bahnen der Crossopterygier und Cheiropterygier.

Der jugendliche Zustand der ersteren steht dem letzteren näher als der erwachsene. In gewissen Einzelheiten konnte dies sehr deutlich erwiesen werden. Ich erinnere an die Flossenform des jungen Calamoichthys, an die Beziehung des Mesopterygiums zum Propterygium, an die proximale Vereinigung der Marginalien.

Die sekundäre Umwandlung innerhalb der Crossopterygier verwischt manche bereits gewonnene Eigenarten. Die mächtige Entfaltung des Schultergelenkkopfes verhilft der an sich wenig geschickten Diekflosse zu freieren Drehbewegungen. Der schon erreichte proximale Zusammenhang der Marginalien wird wieder rückgängig gemacht. Das Mesopterygium dehnt sich unter dem Einfluss einer Ossifikation stark aus.

Die Actinalien dürften eine sekundäre Vermehrung an Zahl erfahren haben.

So gelangen wir zum fertigen Zustand der Crossopterygier, dessen Einzelheiten ich bereits am Schlusse des I. Kapitels zusammenfassend dargestellt habe.

Wir haben in dieser Gliedmassenform einen Parallel-Zweig des Cheiropterygiums vor uns. Dieser gliedert sich in zwei, dem Polypterus und Calamoichthys entsprechende Reihen, von denen ich den letzteren für die weniger primitive, an manchen Punkten dem Cheiropterygium nähere beurtheile. Eine Reduktionstendenz tritt in beiden Reihen hervor.

Wenden wir uns zur zweiten Wegstrecke der Entstehung des Cheiropterygiums.

Die bisher betrachteten Umwandlungen werden durch das längere, schliesslich dauernde Aufgeben des Wasserlebens fixirt. Die Flosse wird zum Stützorgan auf dem Lande, und damit verlieren viele Punkte im Bau derselben jegliche Bedeutung, während andere, die sich schon auszubilden begonnen hatten, eine ausserordentliche Wichtigkeit erlangen. Bedeutungslos wird der Hautsaum, wenigstens in seiner der Flosse zukommenden Beschaffenheit. Die terminalen Theile werden äusserlich und innerlich umgestaltet, indem die distalen Produkte der Actinalien zu längeren und komplizirteren Skeletbildungen auswachsen, welche in Vereinigung der knorpeligen Anlage mit distal hinzutretender Knochenbildung die Phalangen liefern. Die Kontinuität am distalen Rande wird gelöst entsprechend den einzelnen Fingern. Viel-

leicht geben die tiefgreifenden Umgestaltungen der Haut am distalen Rande das erste Moment ab für die in den Nagelbildungen uns begegnenden Komplikationen.

Die Zahl der Actinalien wird reduziert. Ein Metactinale und vier Proactinalia bleiben übrig. Warum gerade diese Zahl eine solche überaus konstante Bedeutung erlangt, ist sehr schwer zu sagen. Wir können nur vermuthen, dass dieselbe mit einer für die Stützfunktion wichtigen Einrichtung in Beziehung stehen muss.

Mit solchen mechanischen Faktoren müssen wir hier sicher rechnen. Sie könnten es annehmbar erscheinen lassen, dass die Pentadactylie sich vielleicht mehrmals durch Konvergenz herausgebildet habe, weil dieser Zustand am besten der Abwicklung der belasteten Extremität vom Boden entspricht.

Wahrscheinlich ist es, dass eine Urform zu Grunde liegt, und dass bei dieser in jener Zeit, wo das Crossopterygium alle wesentlichen Charaktere des Cheiropterygiums erlangt hatte, auch die Beschränkung der Actinalien auf die Fünfzahl eingetreten war.

An den Rändern der Flosse fanden sich noch weitere kleine Skelettbildungen, die Epimarginalien. So lange dieselben mit den Actinalien sich in einer Reihe fanden, werden sie eine höhere funktionelle Bedeutung gehabt haben. Dass sie morphologisch den Actinalien nicht gleichwerthig sind, vielmehr den Marginalien zugehören, haben wir oben erörtert. Diese morphologische Ungleichwerthigkeit wird aber an der physiologischen einheitlichen Leistung aller an der Flossenbogenlinie gelegenen Skelettheile nichts geändert haben. Mit der Ausbildung der „Finger“ traten die Epimarginalien in den Hintergrund, wofür noch Modifikationen anderer Theile von Bedeutung sind.

Die Epimarginalien sanken herab zu rudimentären Gebilden. Sie schwanden zum Theil, zum Theil aber blieben sie erhalten, ja in seltenen Fällen erfuhren sie eine Weiterbildung. Ihre Zwitternatur blieb bestehen. Als Theile von Strahlen, die doch nicht den Actinalien entsprechen, lieferten sie kleine Skelettbildungen (radiales Sesambein, Radiale externum, Pisiforme etc.), für die man bisher am Cheiropterygium keine Erklärung finden konnte. Sie dienten der Theorie von Praepollex, Praehallux und Postminimus zum Ausgangspunkt (s. u.).

Wir wenden uns nun zu den Veränderungen der mehr proximalen Theile des Skelets.

Voranstellen müssen wir diejenigen, welche zur Bildung des Stylopodium führen. Wir haben gesehen, wie die Marginalien proximal zusammenschliessen, und dass im Processus styloides eine wirkliche Knorpelkontinuität derselben zu Stande kommt. Dass dies geschah, ist vielleicht mit der zeitweisen Rückkehr der hypothetischen Vorfahrenformen in's Wasser in Zusammenhang zu bringen. Die Aufgabe der Marginalien war, für den proximalen Gelenkkopf eine Pfanne zu liefern. Nur so konnte eine einigermaassen zu Drehbewegungen geeignete Flosse wieder hergestellt werden. Als aber auf's Neue die Verwendung der Gliedmasse als Stützorgan sich geltend machte, da müssen gerade in dem kritischen Gebiet des Schultergelenkes die allergrössten Aenderungen der mechanischen Verhältnisse eingetreten sein. In erster Linie wich der Schulter-

gelenkkopf einer Pfannenbildung. Man darf sich wohl vorstellen, dass ganz direkt die Belastung der Gliedmasse durch den Rumpf einen Faktor bedeutet, welcher — unter der Aktion des die Skeletttheile umhüllenden Muskelmantels — die Gliedmasse gleichsam gegen den Schultergürtel verdrängt. Wohin aber mag sie sich vorgeschoben haben? Sollen wir etwa annehmen, dass der primäre proximale Gelenkkopf sich verkürzte und dass genau an seiner Stelle eine bedeutende Vertiefung entstand? Viel einfacher und richtiger ist es, anzunehmen, dass der Stieltheil der Extremität sich dort vorschob, wo er als Einheit zuerst sich gebildet hatte, nämlich medial vom Gelenkkopf, genau in der Lagerung, wie wir es bei Crossopterygiern sehen. Ich erblicke also in der medial vom Gelenkkopf liegenden Vertiefung den Anfang einer Schultergelenkpfanne. Dann wurde der lateral davon gelegene Kopf reduziert und er mag vielleicht theils in das Material jener Limbusbildungen übergegangen sein, die wir am Schulter- und Hüftgelenk treffen, andererseits dürften wir in den supraglenoidalen Unebenheiten Reste desselben finden.

Durch diese Reduktion des Gelenkkopfes wurde ein Raum frei, in den hinein die Extremität und das Stylopodium sich vorschob und zu bedeutenderen Dimensionen sich entfaltete. Dass dabei die Kontinuität dieses neuen Abschnittes von dem übrigen Theil der Marginalien sich gelöst hat, ist ausserordentlich begreiflich. Denn es ist ja zweifellos eine direkte Folge der Belastung, dass der Stieltheil gegen den übrigen Abschnitt der Gliedmasse eine Abknickung erfährt. Es bildete sich der Gliedmassenwinkel aus, und die Lage desselben stimmt sehr gut überein mit den primitiven Verhältnissen des Stylopodium. Wir sahen dasselbe sich in medialer Richtung entfalten. Daher ist auch die ursprüngliche Haltung des Humerus, besonders aber des Femur, eine horizontale und in medialer Richtung vom Zeugopodium zum Gürtel sich erstreckende. Die laterale Wendung des Gliedmassenwinkels ist also in den Anfängen seiner Geschichte begründet und wird aus diesen erklärt. Fügen wir noch hinzu, dass am Stylopodium sich Knochenbildung entfaltete in derselben Weise, wie an anderen Theilen von Strahlen, so ist der Urzustand der Landwirbelthiere erreicht.

Die alte Kontinuität am Gliedmassenwinkel macht das Vorkommen intraartikulärer Apparate an der hinteren Extremität verständlich.

Von den Marginalien sind noch die distalen Theile als selbstständige Bildungen übrig, und wir bezeichnen diese nun als Pro- und Mesopodium. Beide blieben ziemlich in der alten Beschaffenheit bestehen, nur ändern sie ihre Stellung zu einander und zum Mesopodium.

Die schon in der ersten Periode der Cheiropterygium-Phylogese begommene distale Verlagerung des Mesopterygium resp. Mesopodium (beide sind ja einander homolog) dauert an, und auch diesen Prozess können wir vielleicht von der mechanischen Seite her beleuchten. Ein plattenförmiger, schon ziemlich weit distal verschobener Theil musste sich als Stützapparat des den Boden berührenden Abschnittes in vorzüglicher Weise eignen und zwar um so mehr, als das Mesopodium zwischen den Theilen des Zeugopodium hervortrat.

Dabei verhielten sich aber die beiden Zeugopodien verschieden von einander. Wir haben sowohl beim *Crossopterygium* als beim *Cheiropterygium* die eigenthümliche Beziehung der mittleren Knorpelplatte zum Propodium betrachtet. Lag doch gerade in diesem speziellen Punkte eine jener vorzüglichen Uebereinstimmungen, die nur durch meine Auffassung verständlich werden. — Dieses Verhalten ist, wie ich glaube, mit gewissen mechanischen Verschiedenheiten der Ränder der Gliedmassen in Beziehung zu bringen.

Die Abwicklung der Extremität vom Boden geschieht von einem Rande zum anderen. Sie beginnt stets am lateralen Rande und pflanzt sich zum medialen fort. Mit letzterem findet gleichsam das Abstossen statt. Erwägt man dies, so werden die Differenzen begreiflich. Es stützen sich *Mesopterygium* und *Mesopodium* gegen den lateralen Theil, d. i. gegen den ursprünglich dorsalen, das Propodium.

Die Linien stärksten Druckes gehen von den Actinalien aus zu diesem Skeletstücke hin und dieser Umstand wirkt auch (s. u.) auf das *Mesopodium* selbst sehr intensiv ein.

Der mediale — ursprünglich ventrale — Theil hingegen bleibt freier, weil er im Momente der bereits abnehmenden Belastung seine Hauptleistung verrichtet. Daher die Verschiedenheiten von Radius und Ulna, Tibia und Fibula. Dass diese schon bei den *Crossopterygiern* sich finden, kann eigentlich nur durch ehemalige Versuche, die Gliedmassen vom festen Boden abzuwickeln, erklärt werden. Das *Mesopodium* stützte sich also gegen das Propodium an, während es allmählich in seine definitive Lage gelangt. Da es distal mit den Actinalien in Beziehung stand, so mussten Linien stärksten Drucks in der Verlängerung der Actinalien durch das *Mesopodium* gegen das Propodium verlaufen.

Diese halte ich für wichtig zur Erklärung der Anordnung der einzelnen Skelettheile des *Mesopodiums*, deren sekundäre Ausbildung wir annehmen. Man wird sich diese Zerlegung der einheitlichen Carpal- resp. Tarsal-Platte als einen mit der Verlagerung gleichzeitig sich vollziehenden Prozess zu denken haben. Auch mag er mit dem Herantreten der Ossifikation an das knorpelige *Mesopodium* in Zusammenhang stehen.

Der Weg, den das *Mesopodium* zurückgelegt hat, wird durch die *Membrana interossea* gekennzeichnet. Die beiden Zeugopodien gelangten mehr und mehr in eine einander parallele Stellung, und dieser Zustand wird für die Belastung der günstigere sein. Das *Mesopodium* wurde nicht nur entsprechend den erwähnten Längslinien, sondern auch in dazu senkrechter Richtung zerlegt, und dies begreifen wir aus dem in transversaler Richtung erfolgenden Drucke bei der Fortbewegung.

So gelangen wir zur Ausbildung einer grösseren Zahl von Skeletbildungen, deren Beziehung zu den Strahlen bei den Amphibien auf's Deutlichste hervortritt. Auch die primitive Beschaffenheit des doppelten Centrale ist in diesem Sinne zu deuten. Vor allem aber ist es der Anschluss des Intermedium an das Propodium, welches die Anordnung beherrscht. Jetzt wird es leicht begreiflich, dass man in vortrefflicher Weise eine Axe durch die Propodialeseite legen und *Metapodium* sowie die

Mesopodialknochen auf Strahlen beziehen kann. Meine Auffassung ist nur darin eine abweichende von der früheren, dass ich diesen Zustand als einen sekundären erachte. Seine hohe und mit Rücksicht auf die höher stehenden Wirbelthierformen primitive Bedeutung wird dadurch in keiner Weise alterirt.

Die Axe lege ich durch keinen bestimmten Finger, jedoch auf Grund der Vergleichung mit den Crossopterygiern durch die Gegend des II. Damit wird eine Annäherung an die ältere Auffassung GEGENBAUR'S und ein naher Anschluss an diejenige von GOETTE erreicht.

Ueber die Veränderungen der Muskulatur und Nerven können wir uns kurz fassen. Die Hauptsachen wurden schon im vorigen Kapitel übersichtlich dargestellt. Auch werde ich bei späteren Gelegenheiten darauf zurückkommen.

Der Grundplan dieser Theile war schon im Crossopterygierstadium gegeben. Alles Weitere ist eine sekundäre Komplikation. An den Nerven besteht diese im Schaffen eines Plexus, einer Vereinigung der einzelnen Nervenstämme, für deren Zustandekommen mechanische Faktoren zur Erklärung herangezogen werden müssen, so die Lageverschiebung und die Stellungsänderung der Gliedmasse, sowie die Modifikation der ganzen Gestalt. In dem Verhalten der Landwirbelthiere sind aber noch viele, auf die Crossopterygier beziehbar Zustände ausgeprägt, so die Sonderung in Beuge- und Strecknerven. Andererseits vollzogen sich beträchtliche Umwandlungen, namentlich auf der lateralen Fläche. Auf der medialen zeigen höhere Wirbelthiere Erinnerungen an die alten Zustände.

Die Veränderungen der Muskulatur vom Crossopterygierstadium an habe ich bereits im vorigen Kapitel übersichtlich dargestellt. Hier will ich daher nur die Hauptresultate hervorheben.

Das Wichtigste ist, dass das laterale Flossensystem allmählich Beziehungen zum Gliedmassenwinkel erlangt hat. Funktionell lässt sich dies leicht begreifen. Mit der Ausbildung des Stylopodium tritt eine bedeutende Entfaltung der zonoseptalen Muskulatur ein, die sich auch am Rumpfe weiter ausdehnt. Ihr schon vorher gegebener Konvergenz- und Endpunkt dient dem distalen Ende des Stylopodium zur Anlagerung und die gesonderte Funktion der beiden Gliedmassentheile kommt in einer stärkeren Entfaltung der betreffenden Bindegewebsmasse und völliger Sonderung der proximal und distal davon gelegenen Muskulatur zum Ausdruck. Am distalen Abschnitt, bleiben die primitiven Verhältnisse relativ lange bestehen. Dies gilt auch von der medialen Fläche, an welcher die Flexorenmasse sich konzentriert, indem das mediale Flossenseptum und das damit zusammenhängende tiefere Lig. zonomesopterygiale zum Stylopodium Beziehung gewinnen. Die metapodiale Gruppe erhält sich in ihrer Sonderstellung, nur differenzirt sie sich bedeutend zu vollständigeren Muskelindividuen — eine Modifikation, die auch allen anderen Theilen zukommt, am wenigsten noch relativ den Flexoren und Extensoren des distalen Gliedmassentheiles.

Auch bezüglich der Gefäße finden wir eine direkte Fortführung alter Zustände bei den Cheiropterygiern, indem die Art. interossea auch für diese als der älteste Zustand erscheint.

Wenn ich schliesslich mit besonderer Rücksicht auf das Gliedmassenskelet das Resultat meiner Untersuchung vorlegen soll, so fasse ich dasselbe folgendermassen

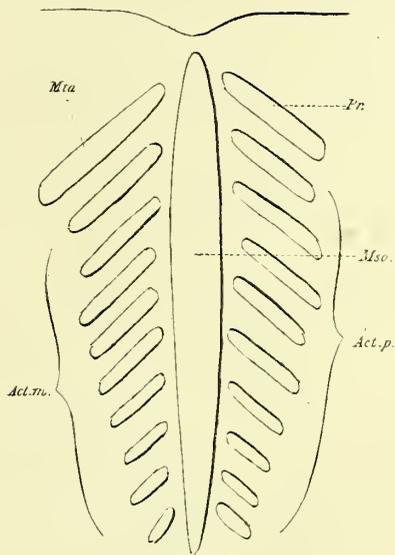


Fig. 33.

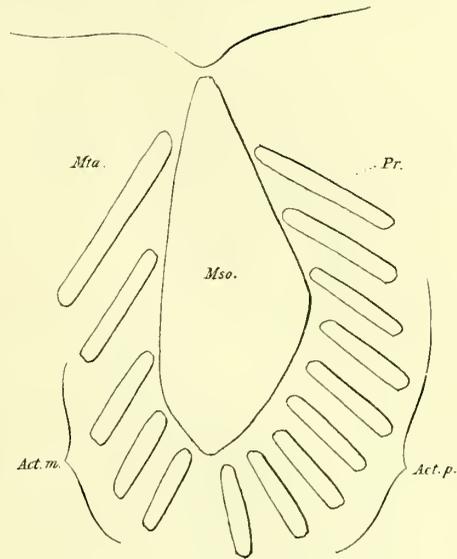


Fig. 34.

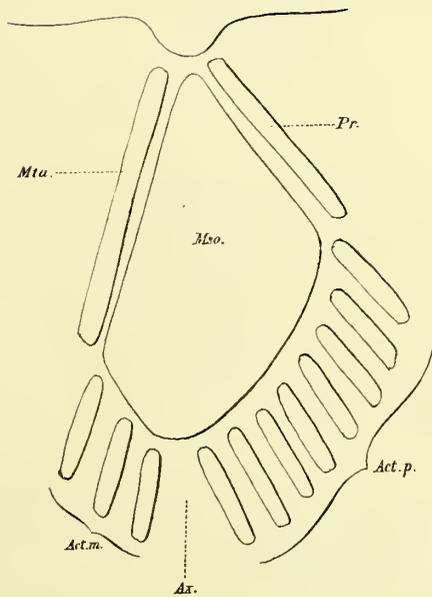


Fig. 35.

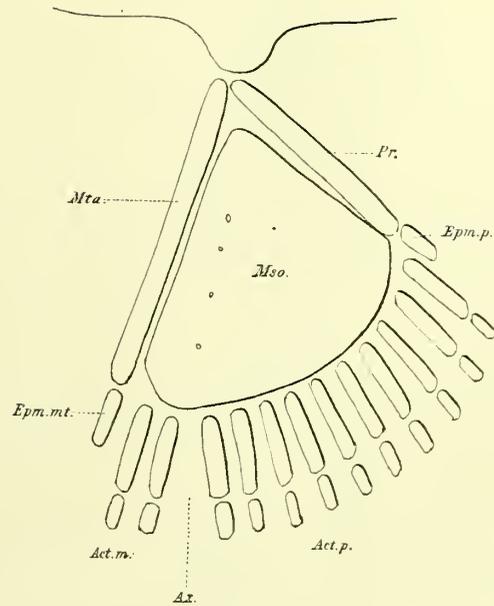


Fig. 36.

Fig. 33—36. Schemata zur Ableitung des Cheiropterygium-Skelets vom Archipterygium. Bezeichnungen wie auf den früheren Textfiguren und Tafeln.

zusammen, indem ich die in den früheren Abschnitten vorgebrachten Schemata hier zusammenstelle:

Das Cheiropterygium leitet sich von einem biserialen Archipterygium her. Vom Stamm des letzteren ist das Mesopodium er-

halten geblieben, nachdem es eine bedeutende distale Verlagerung erfahren hat. Von den Strahlen haben zwei am Rande gelegene (Marginalia) das Mesopodium (Carpus, Tarsus) aus der Verbindung mit dem

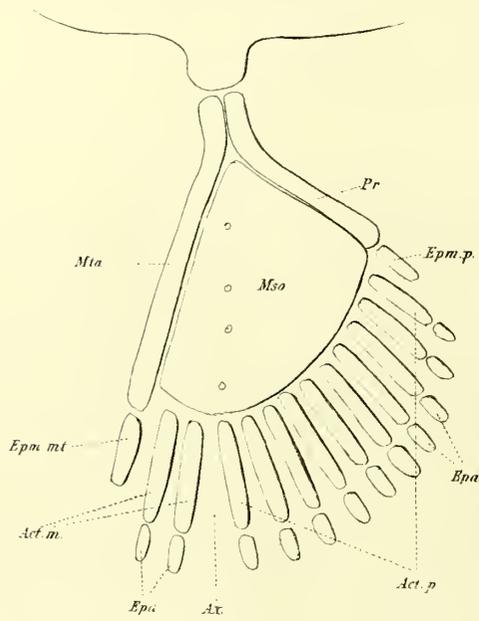


Fig. 37.

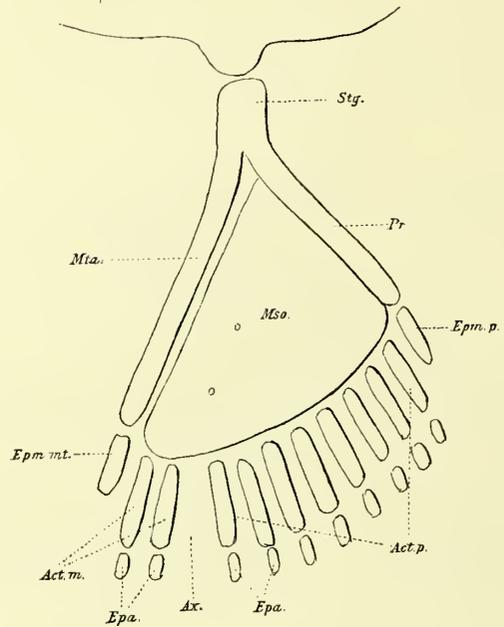


Fig. 38.

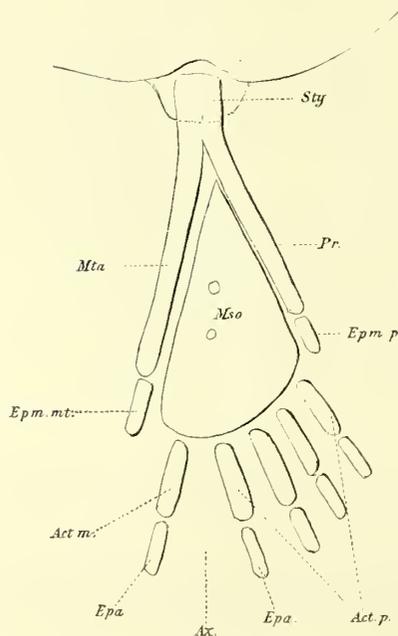


Fig. 39.

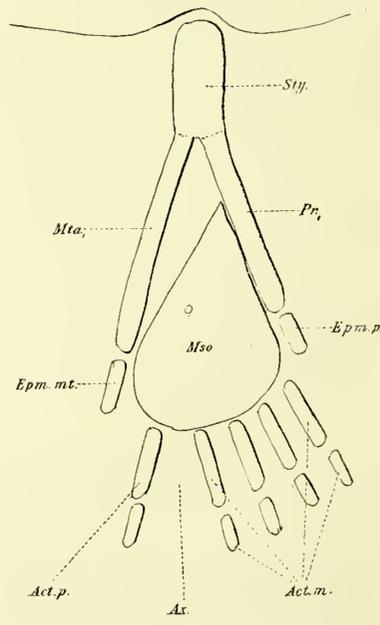


Fig. 40.

Fig. 37—40. Schemata zur Ableitung des Cheiropterygium-Skelets vom Archipterygium. Bezeichnungen wie auf den früheren Textfiguren und Tafeln.

Schultergürtel verdrängt und sich proximal an diesem miteinander vereinigt. Aus dieser Verschmelzung ist ein neuer Theil, das Stylopodium (Humerus, Femur), hervorgegangen, während die Reste der Marginalien als Komponenten des Zeugopodiums (Vorderarm, Unterschenkel) persistiren. Ein dorsales Stück leitet sich vom Propterygium niedriger Zustände — Propodium (Ulna, Fibula), ein ventrales vom Metapterygium (Radius, Tibia) ab. Von den anderen Strahlen verbleiben vier dorsale (Proactinalia) und ein ventraler (Metactinale) erhalten. — Letzterer liefert Metacarpus I (und Metatarsus I), die anderen die übrigen Metacarpus- und

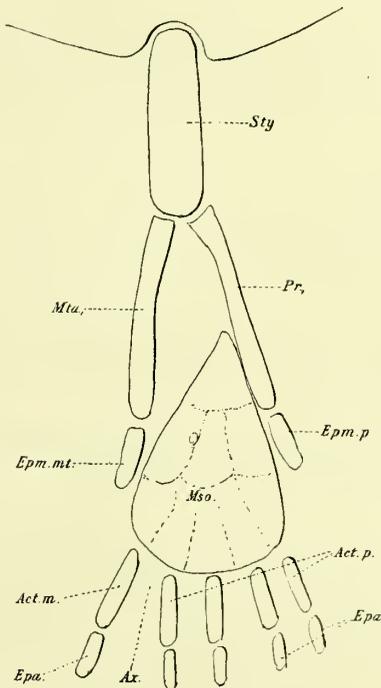


Fig. 41.

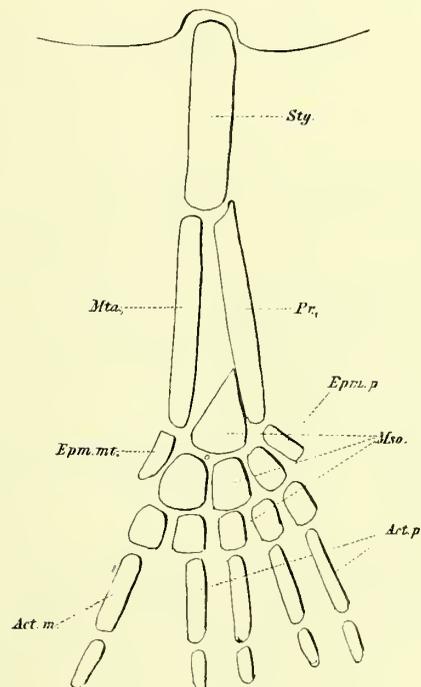


Fig. 42.

Fig. 41—42. Schemata zur Ableitung des Cheiropterygium-Skelets vom Archipterygium. Bezeichnungen wie auf den früheren Textfiguren und Tafeln.

Metatarsus-Knochen. Die von diesen Skeletstücken abgegliederten Epactinalia liefern die Phalangen. Ähnliche Abgliederungen der Marginalien sind die Epimarginalien (Praepollex, Praehallux und Postminimus). Die Axe fällt in die Gegend des II. Fingers. Die Brustflosse der Crossopterygier stellt ein vermittelndes Stadium mit nur geringer einseitiger Abzweigung von der Bahn dar, welche das Cheiropterygium vom Archipterygium herleitet.

Die Muskeln, Nerven und Gefäße des Crossopterygiums bieten überaus primitive Zustände dar, welche fast in allen Punkten als Ausgangspunkt für die Beurtheilung der Cheiropterygium-Befunde dienen können.

Die Vorgeschichte der Gliedmasse wird naturgemäss auch auf ihre späteren Veränderungen einen wichtigen Einfluss ausüben.

In der That bleiben gewisse Eigenthümlichkeiten von früheren Stadien der Phylogenese bis zu den höchsten Wirbelthieren hin an der Extremität erhalten, welche ohne die Kenntniss der Geschichte derselben ganz unverständlich waren.

Wo sich ursprünglichere Zustände erhalten — und dies ist selbst bei manchen der höchsten Placentalier, ja gerade beim Menschen der Fall — da zeigen sich ohne Weiteres manche Punkte, welche uns noch an das Flossenhafte der ganzen Bildung erinnern.

Als Beispiel hierfür können wir die Bewegungen am distalen Theile der Gliedmasse wählen. Die Rotationsbewegungen, die uns hier als Pronation und Supination entgegentreten, sind uralte Lokomotions-Modi, weit älter als die Beuge- und Streckbewegungen. Da der distale Theil der Extremität älter ist als der proximale, so treten hier die primitiveren Zustände deutlich hervor.

Die Verschiedenheit der Ränder der Gliedmasse ist eine uralte Einrichtung. Sie kann bei vielen Formen undeutlich werden, sie kann aber auch sekundär sich wieder stärker ausprägen. Jedenfalls haben wir es hier nicht mit einer allmählich erst erworbenen Einrichtung zu thun, sondern dieselbe geht zurück auf die Archipterygium-Zeiten und erinnert uns an die Axe, welche einst die Anordnung aller Theile der Extremität beherrschte.

Alle einseitigen Neubildungen der Landgliedmasse müssen an den Urzustand anknüpfen, sie sind gleichsam bestimmt durch denselben und werden so von der Vorgeschichte mitbeherrscht.

Wenn der Werth einer Theorie auch in erster Linie sich dadurch zu erkennen giebt, dass Zusammenhänge zwischen Zuständen aufgedeckt werden, die bisher nicht auf einander bezogen werden konnten — so sind es doch oft gerade geringere Momente, welche dadurch, dass sie mit einem Schlage verständlich gemacht werden, in überzeugender Weise die Richtigkeit der ganzen Lehre zeigen, und selbst Demjenigen, der sehr skeptisch solchen Dingen gegenübersteht, die Augen öffnen. Es giebt wohl kein Problem der Morphologie, bei welchem diese Probe auf die Richtigkeit des Exempels sich nicht anstellen liesse.

Auch in unserem Falle bleibt dies nicht aus. In diesem Sinne möchte ich die Theorie von Praepollex und Praehallux hier anführen. Wenn man erwägt, welche Schwierigkeiten jene kleinen Skeletstücke verursacht haben, welche am Rande der Extremität gelegen, einige Aehnlichkeiten mit Fingern darboten, so wird man es freudig begrüßen, dass nunmehr die Lösung der Frage nach dem Wesen derselben angebahnt ist.

Es ist eine Pflicht der Gerechtigkeit, anzuerkennen, dass diejenigen, welche auf diese Skeletbildungen die Aufmerksamkeit gelenkt haben, einem wichtigen Problem auf der Spur waren; freilich konnte die Deutung, welche man den betreffenden Bildungen gab, nicht befriedigen. Es waren eben keine Finger, und alle Versuche,

diese ihre Natur darzuthun, befriedigten nicht — konnten gar nicht, wie wir jetzt sehen, zu einem positiven Resultat führen.

Dennoch hatten die Vertreter der Lehre vom Praepollex und Praehallux in manchen Punkten ganz richtige Vermuthungen. Sie betonten, dass es sich um alte Bildungen handelte, im Gegensatz zu anderen Forschern, welche die betreffenden Theile als eine Neuerwerbung darthun wollten. In diesem Punkte stelle ich mich auf die Seite BARDELEBEN'S gegen TORNIER. Auch in dem anderen Punkte wurde Richtiges geahnt, dass es sich um Theile handelte, welche mit Strahlen in Beziehung zu bringen sind. Dies ist ja in der That der Fall, aber in anderer Weise, als man früher annahm. Um Finger handelt es sich nicht, ein atavistisches Auftreten von solchen am Rande ist nicht anzunehmen. Meine Anschauungen schliessen eine solche Möglichkeit sogar bestimmt aus, indem sie zeigen, dass „Praehallux“ und „Praepollex“ nicht den Actinalien homolog sind. Sie sind mit den Epactinalien auf eine Stufe zu bringen, und damit erklärt sich das Räthselhafte ihrer Natur. Sie können sich einseitig fortbildend an distale Theile von Fingern erinnern. Eine atavistische Polydactylie könnte höchstens innerhalb der Actinalienreihe sich finden, hier aber wird sie von Doppelmissbildung nicht zu unterscheiden sein.

Mit diesen Resultaten hoffe ich eines der schwierigsten Probleme der Morphologie seiner Lösung genähert zu haben. Einwände gegen meine Ansichten werden nicht ausbleiben und werden auch nur förderlich sein können, soweit sie sich gegen bestimmte Punkte und Einzelheiten richten. Die gesammte Ableitung selbst glaube ich hinreichend fest basirt zu haben, um sie vor einem vernichtenden Angriff als gesichert betrachten zu können, aber in Einzelheiten mag ja meine Auffassung vielleicht Aenderungen zu erwarten haben.

Den Hauptwerth meiner neuen Anschauungen erblicke ich einmal darin, dass es nun möglich ist, in sehr einfacher Weise Fische und Landwirbelthiere miteinander zu verknüpfen und den komplizirten Befund des Cheiropterygiums in grossen Zügen von einem Urzustand herzuleiten — ein Punkt, der auch didaktisch nicht zu unterschätzen ist.

Sodann aber handelt es sich um die Beseitigung der Kluft zwischen den Fischen und Amphibien in einem wichtigen Organsystem. Dies dürfte vielleicht auch auf die Beurtheilung anderer Theile zurückwirken und eine unbefangene Anerkennung mancher Zusammenhänge herbeiführen.

In einem dritten Punkte verspricht das Ergebniss für weitere Untersuchungen fruchtbar zu werden. Haben wir doch durch die Rückführung des Cheiropterygiums auf einfache Anfänge eine Anschauung über den Zustand gewonnen, von dem aus die Eigenthümlichkeiten der Landgliedmasse bis in die Einzelheiten hinein verstanden werden können.

Litteratur-Verzeichniss.

1. BALFOUR, 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. Proceedings of the Zool. Soc. of London 1881.
2. BARDELEBEN, Hand und Fuss. Verhandlungen der anatomischen Gesellschaft zu Strassburg 1894.
3. BAUR, Ueber das Archipterygium und die Entwicklung des Cheiropterygium aus dem Ichthyopterygium. Zool. Anzeiger VIII. 1885, pag. 663.
4. BAUR, Beiträge zur Morphologie des Carpus und Tarsus der Vertebraten. 1. Theil. Batrachia (Urodela). Jena 1888.
5. BOAS, Ueber Herz und Arterienbogen bei Ceratodus und Protopterus. Morphol. Jahrbuch VI. Bd. 1880.
6. BOLK, Beziehungen zwischen Skelet, Muskulatur und Nerven der Extremitäten, dargelegt am Beckengürtel, an dessen Muskulatur, sowie am Plexus lumbosacralis. Morphol. Jahrbuch XXI, 1894.
7. BOLK, Rekonstruktion der Segmentirung der Gliedmassenmuskulatur, dargelegt an den Muskeln des Oberschenkels und des Schultergürtels. Morphol. Jahrbuch XXII, 1895.
8. BOLK, Die Sklerozonie des Humerus. Zugleich ein Beitrag zur Bildungsgeschichte dieses Skelettheils. Morphol. Jahrbuch XXIII, 1895.
9. BORN, Die sechste Zehe des Anuren. Morphol. Jahrbuch I, 1876.
10. BRAUS, Ueber die Rami ventrales der vorderen Spinalnerven einiger Selachier. Inaug.-Diss. Jena 1892.
11. BUNGE, Ueber die Nachweisbarkeit eines biserialen Archipterygium bei Selachiern und Dipnoern. Jen. Zeitschr. VIII. Bd. 1874.
12. CREDNER, Die Stegocephalen des Rothliegenden des Plauen'schen Grundes bei Dresden. Zeitschrift der Deutschen Geol. Gesellschaft, Bd. XXXIII—XLV, 1881—1893.
13. v. DAVIDOFF, Beiträge zur vergleichenden Anatomie der hinteren Gliedmasse der Fische. I. Theil. Haie, Chimaera und Ganoidei chondrostei. Morphol. Jahrbuch V, 1889. II. Theil. Ganoidei holostei. Morphol. Jahrbuch VI, 1880. III. Theil. Ceratodus. Morphol. Jahrbuch IX, 1884.
14. v. DAVIDOFF, Ueber die Varietäten des Plexus lumbosacralis von Salamandra maculosa. Morphol. Jahrbuch IX, 1884.
15. DOEDERLEIN, Das Skelet von Pleuracanthus. Zool. Anz. XII, 1889.
16. DOLLO, Sur la Phylogénie des Dipneustes. Bulletin de la Société belge de géologie, de palaeontologie et d'hydrologie. T. IX. Année 1895.
17. EISLER, Die Homologie der Extremitäten. Morphologische Studien. Abhandl. der Naturforsch.-Ges. zu Halle. Bd. XIX, Halle 1895.
18. EMERY, Ueber die Beziehungen des Cheiropterygium zum Ichthyopterygium. Zool. Anz. X, 1887.
19. EMERY, Zur Morphologie des Hand- und Fuss-Skelets. Anat. Anz. V, 1890.
20. EMERY, Etudes sur la morphologie des membres des Amphibiens et sur la phylogénie du Cheiropterygium. Archives italiennes de Biologie Tome XXII, 1894.
21. EMERY, Studi sulla Morphologie dei membri degli anfibi e sulla filogenia del chiropterigio. Dal Laboratorio di zoologia della R. Università di Bologna 1894.
22. FISCHER, Anatom. Abhandlungen über die Perennibranchiaten und Derotromen. I. Hamburg 1864.
23. FÜRBRINGER, Zur vergleichenden Anatomie der Schultermuskeln. Jen. Zeitschr. VII, VIII, Morphol. Jahrbuch I. 1875, 1876.
24. FÜRBRINGER, Zur Lehre von den Umbildungen des Nervenplexus. Morphol. Jahrbuch V. 1879.
25. FÜRBRINGER, Untersuchungen zur Morphologie und Systematik der Vögel, zugleich ein Beitrag zur Anatomie der Stütz- und Bewegungsorgane. Amsterdam 1888.
26. FRITSCH, Fauna der Gaskohle und der Permformation Böhmens. Bd. I, II, III, 1879—1893.

27. GARMAN, *Chlamydoselachus anguineus*, a living species of Cladodont Sharks. Bull. Mus. Harvard. Coll. Vol. 12, 1885.
28. GEGENBAUR, Untersuchungen zur vergleichenden Anatomie der Wirbelthiere. I. Heft. Carpus und Tarsus. II. Heft. 2. Theil. Brustflosse der Fische. Leipzig 1864 u. 1865.
29. GEGENBAUR, Ueber das Gliedmassenskelet des Enaliosaurier. Jen. Zeitschr. V, 1870.
30. GEGENBAUR, Ueber das Skelet der Gliedmassen der Wirbelthiere im Allgemeinen und der Hintergliedmassen der Selachier insbesondere. Jen. Zeitschr. V, 1870.
31. GEGENBAUR, Zur Morphologie der Gliedmassen der Wirbelthiere. Morphol. Jahrb. II. 1877.
32. GEGENBAUR, Grundriss der vergleichenden Anatomie der Wirbelthiere. 2. Aufl. Leipzig 1878.
33. GEGENBAUR, Zur Gliedmassenfrage. An die Untersuchungen von DAVIDOFF's angeknüpfte Bemerkungen. Morphol. Jahrb. V. 1879.
34. GEGENBAUR, Kritische Bemerkungen über Polydactylie als Atavismus. Morphol. Jahrb. XIV. 1880.
35. GEGENBAUR, Ueber Polydactylie. Morphol. Jahrb. XIV. 1888.
36. GEGENBAUR, Bemerkungen über den *M. flexor brevis pollicis* und Veränderungen in den Handmuskeln. Morphol. Jahrb. XV. 1889.
37. GEGENBAUR, Das Flossenskelet der Crossopterygier und das Archipterygium der Fische. Morphol. Jahrb. XXII. Bd. 1894.
38. GEGENBAUR, Clavicula und Cleithrum. Morphol. Jahrbuch XXIII. Bd. 1895.
39. GÖPPERT, Untersuchungen zur Morphologie der Fischrippen. Morphol. Jahrbuch XXIII. 1895.
40. GOETTE, Ueber Entwicklung und Regeneration des Gliedmassenskelets der Molche. Leipzig 1879.
41. GÜNTHER, Description of *Ceratodus*, genus of Ganoid Fishes recently discovered in rivers of Queensland. Philosophical Transact. of the Roy. Soc. of London vol. 161 Part. III. 1871.
42. HASWELL, On the Structure of the Paired Fins of *Ceratodus* with Remarks on the General Theory of the Vertebrate Limbs. Proceedings Linn. Soc. N. S. Wales vol. XII.
43. HATSCHKE, Die paarigen Extremitäten der Wirbelthiere. Verhandl. der anat. Gesellschaft. III. Vers. Berlin 1889.
44. HOWES, On the Skeleton and Affinities of the Paired Fins of *Ceratodus* with Observations upon these of the Elasmobranchii. Proceed. of the zool. Soc. London 1887.
45. HUMPHRY, The muscles of *Ceratodus*. Journal of Anat. and Physiol. vol. XI. 1872.
46. HUXLEY, On the limbs of Vertebrata. Medical Times and Gazette 1864.
47. HUXLEY, Contribution to the Morphology Ichthyopsida. No. 1. On *Ceratodus Forsteri* with Observation on the Classification of Fishes. Proceedings of the Zoolog. Society of London 1876.
48. KEHRER, Beiträge zur Kenntniss des Carpus und Tarsus der Amphibien, Reptilien und Säuger. Ber. Ges. Nat. Freiburg. I. 1886.
49. KLAATSCH, Zur Morphologie der Fische und zur Geschichte der Hartschubstanzgewebe. Morphol. Jahrbuch XVI. 1890.
50. KOLLMANN, Handskelet und Hyperdactylie. Verh. d. Anat. Ges. II. Versammlung. Würzburg 1888.
51. LÉBOUCQ, Recherches sur la morphologie du carpe chez les mammifères. Arch. de Biologie. Tome V. 1884.
52. LÉBOUCQ, Sur la morphologie du carpe et du tarse. Anat. Anz. I. 1886.
53. DE MAN, Myologie comparée de l'extrémité postérieure chez les amphibiens. Nederl. Archiv für Zoologie. Bd. II. 1874--1878.
54. MARSH, The Limbs of *Sauranodon*. Amer. Journ. of Sciences vol. XIX. 1880.
55. METTENHEIMER, Disquisitiones anatomica-comparativae de membro piscium pectorali. Diss. inaug. Berl. 1847.
56. MOLLIER, Die paarigen Extremitäten der Wirbelthiere. I. Das Ichthyopterygium. Anat. Hefte. MERKEL-BONNET. Bd. III. 1893. II. Das Cheiropterygium. Anat. Hefte. MERKEL-BONNET. Bd. V. 1895.

57. OWEN, On the archetype and homologies of the vertebrate skeleton. Rep. of Brit. An. for Adv. of Sc. 1846.
 58. W. K. PARKER, A monograph on the structure and development of the shoulder-girdle and sternum in the Vertebrata. Roy. Society, London 1867.
 59. POLLARD, On the Anatomy and phylogenetical Position of Polypterus. Zool. Jahrbücher. Abth. f. Anat. V. Bd. 1891.
 60. RAUTENFELD, Morpholog. Untersuchungen über das Skelet der hinteren Gliedmasse bei Ganoiden und Teleostiern. Dorpat 1882.
 61. ROSENBERG, Ueber einige Entwicklungsstadien des Handskelets der Emys lutaria Marsili. Morphol. Jahrbuch XVIII. 1891.
 62. SAGEMEHL, Beiträge zur vergleichenden Anatomie der Fische. IV. Das Cranium der Cyperinoiden. Morphol. Jahrbuch XVII. 1890.
 63. SCHNEIDER, Ueber die Dipnoi und besonders die Flosse derselben. Zoolog. Beiträge. II. 1887.
 64. SEMON, Verbreitung, Lebensweise und Fortpflanzung des Ceratodus Forsteri und Atlas der Entwicklung der Körperform des Ceratodus. SEMON, Zool. Forschungsreisen in Australien und dem malayischen Archipel. Jena 1893.
 65. STRASSER, Zur Entwicklung der Extremitäten-Knorpel bei Salamandern und Tritonen. Morphol. Jahrbuch V. 1879.
 66. THILENIUS, Das Os intermedium antebrachii des Menschen. Morphologische Arbeiten (Schwalbe). V. Bd. 1894.
 67. D'ARCY W. THOMPSON, On the Hind-Limb of Ichthyosaurus and on the Morphology of vertebrate Limb. Journal of Anatomy and Physiologie vol. XX. 1885.
 68. TORNIER, Gibt es ein Praehalluxrudiment? Sitzungsber. der Gesellschaft naturforsch. Freunde zu Berlin 1889.
 69. TRAQUAIR, Notes on the Genus Phaneropleuren with a description of a New Species from the Carboniferous Formation. The geological Magazine vol. VIII. 1871.
 70. WIEDERSHEIM, Die ältesten Formen des Carpus und Tarsus der heutigen Amphibien. Morphol. Jahrb. II. 1777.
 71. WIEDERSHEIM, Ueber die Vermehrung des Os centrale in Carpus und Tarsus des Axolotl. Morphol. Jahrb. VI. 1880.
 72. WIEDERSHEIM, Das Gliedmassenskelet der Wirbelthiere mit besonderer Berücksichtigung des Schulter- und Beckengürtels bei Fischen, Amphibien und Reptilien. Jena 1892.
 73. WIEDERSHEIM, Grundriss der vergleichenden Anatomie der Wirbelthiere. Dritte Auflage. Jena 1893.
 74. ZUCKERKANDL, Zur Anatomie und Entwicklungsgeschichte der Arterien des Vorderarmes. Anat. Hefte. MERKEL-BONNET. IV. 1894.
 75. ZUCKERKANDL, Zur Anatomie und Entwicklungsgeschichte der Arterien des Unterschenkels. Anat. Hefte. MERKEL-BONNET. V. 1895.
-

Tafel-Erklärung.

Für mehrere Figuren gemeinsam geltende Bezeichnungen.

Aeussere Form.

- my.* Myaltheil.
de. Dermaltheil.
ap. Flossenspitze.
flb. Flossenbogenlinie.
mgp. Margopropterygialis. — propodialis — dorsalis.
mgm. Margo metapterygialis — metapodialis — ventralis.

Skelet.

- Pr.* Propterygium.
Mso. Mesopterygium.
Mta. Metapterygium.
Act. Actinalia.
Act. p. Pro-Actinalia.
Act. m. Met-Actinalia.
Epa. Epactinalia.
Epm. pr. Epimarginale propterygiale.
Epm. mt. Epimarginale metapterygiale.
Os. Mso. Ossifikation des Mesopterygium.
For. Mso. Foramina Mesopterygii.
Sty. Processus styloides Marginalium.
Z. Schultergürtel.
Gl. Schultergürtelgelenkkopf.
Clei. Cleithrium.
Cla. Clavicula.
Co. Coracoidplatte.
For. Co. Foramen coracoideum.
Ax. Richtung der Flossenaxe.
Ca. pr. Cartilago paraproperterygialis.
Lig. Cl v. Ligamentum cleithrovertebrale.
Lig. ZMs. Lig. zonomesopterygiale.

Muskulatur.

- spt. lat.* Laterales Flossenseptum.
spt. med. Mediales Flossenseptum.
z. spt. Musculus zonoseptalis.
co. spt. „ coracoseptalis.

<i>spt. act.</i>	Musculus	septoactinalis.
<i>ms. act.</i>	„	mesopterygioactinalis.
<i>ext. sup.</i>	„	extensor superficialis.
<i>ext. prof.</i>	„	extensor profundus.
<i>marg. pr.</i>	„	marginalis propterygii.
<i>gl. pt.</i>	„	glenopterygialis.
<i>co. mta.</i>	„	coracometapterygialis.
<i>z. prt. med.</i>	„	zonopropterygialis medialis.
<i>z. prt. lat.</i>	„	„ lateralis.
<i>flex. sup.</i>	„	flexor superficialis.
<i>flex. prof.</i>	„	„ profundus.
<i>p. mta.</i>	Pars	metapterygialis.
<i>p. prt.</i>	„	propterygialis.
<i>su. prt.</i>	Sulcus	propterygialis.
<i>su. mta.</i>	„	metapterygialis.

Nerven.

I.	Nervus	pterygialis	primus.
II.	„	„	secundus.
III.	„	„	tertius.
IV.	„	„	quartus.
$\pi\rho\rho$.	Nervus	propterygialis.	
$\mu\sigma$.	„	mesopterygialis.	
$\mu\alpha$.	„	metapterygialis.	
<i>l.</i>	Ramus	lateralis.	
<i>m.</i>	Ramus	medialis.	

Tafel I.

Fig. 1. Skelet der linken Brustflosse eines 18 cm langen **Calamoichthys**, von der lateralen Seite her gesehen.

Im Mesopterygium beginnt eine Ossifikation aufzutreten. Das Propterygium hängt bei *x* durch das Knorpelmaterial seiner distalen Epiphyse innig mit demjenigen des Mesopterygium zusammen. Alles Specielle ergibt sich aus dem Text. Die Epactinalia sind nur zum Theil angegeben. Vergr. 35 : 1.

Fig. 2. Dasselbe Objekt von einem 25 cm langen **Calamoichthys**. Die Vergleichung mit Fig. 1 zeigt vor allem: 1. Die Grössenzunahme des Mesopterygium, dessen Ossifikation sich weiter entwickelt hat. 2. Die völlige Sonderung des Propterygium vom Mesopterygium. 3. Die distale Verlagerung des distalen Mesopterygium-Randes. 4. Das relative Zurückbleiben der Actinalia im Wachstum. Im Uebrigen siehe Text. Vergr. 28 : 1.

Fig. 3. **Calamoichthys**, 18 cm lang. Die mit *x* bezeichnete Stelle der Figur bei stärkerer Vergrößerung.

Auch bei dieser tritt die kontinuierliche Verbindung der Knorpelmasse des Pro- und Mesopterygium auf. *Kn.* Knochen, die dünne periostale Rinde um das im Innern noch ganz knorpelige Propterygium bildend. Vergr. 200 : 1.

Fig. 4. *Calamoichthys* 18 cm. Die Gelenkverbindung der Marginalia für den Schultergürtel von der medialen Seite her gesehen bei stärkerer Vergrößerung. Zwischen Pro- und Metapterygium ist der proximale Angulus des Mesopterygium sichtbar. Die beiden Marginalia hängen in ihren proximalen Epiphysen mit einander zusammen und bilden auf der medialen Seite die von mir als Processus styloides bezeichnete Bildung, in welcher ich das Homologon des Stylopodiums (Humerus) am Cheiropterygium erblicke.

Der Proc. styloides läuft in eine scharfe, vom Metapterygium zum Propterygium absinkende Kante aus, welche sich auf der medialen Seite des Schultergürtelgelenkkopfes proximal vorschiebt.

Die beiden Marginalia sind im Innern noch ganz von Knorpel gebildet. *Kn.* bezeichnet auch hier die dünnen periostalen Knochenhülsen der beiden Skeletstücke. Vergr. 100 : 1.

Tafel II.

Fig. 5—10 geben Darstellungen der Muskulatur der Polypterus-Brustflosse in natürlicher Grösse. Fig. 5, 6, 7, 8 sind der rechten, Fig. 9, 10 der linken Flosse entnommen.

Fig. 5. Ansicht von der lateralen Seite her. Zu beachten vor allem das laterale Flossenseptum und die Komposition der lateralen Flossenmuskulatur aus einem proximalen Theil, dessen Fasermassen zum Septum konvergieren und aus einem distalen Theil, in welchem dieselben zur Flossenbogenlinie divergieren. Die untere Spitze der Coracoidplatte ist eben noch sichtbar.

Fig. 6. Ansicht von der medialen Seite her. Das mediale Flossenseptum. Sonderung des Flexor superficialis in eine pro- und metapterygiale Portion.

Fig. 7. Ansicht vom dorsalen oder propterygialen Rande aus. Sulcus propterygialis.

Stärker ausgeprägte Gliederung einzelner Muskelgruppen. Verschmälerung der ganzen Extremität in ihrer Mitte.

Fig. 8. Ansicht vom ventralen oder metapterygialen Rande aus. Unter dem freien Rande des Coracoseptalis erscheinen der Mesopterygioactinalis und Coracometapterygialis. Sulcus metapterygialis.

Fig. 9 und 10 zeigen die tiefe Extensoren- und Flexoren-Muskulatur nach Entfernung der oberflächlichen. Bezüglich des Skelets vergleiche man Tafel I und die Textfiguren.

Fig. 9. Ansicht der lateralen Seite. Der Zonopropterygialis lateralis mit der in seine Endsehne eingebetteten Cartilago paraprotarygialis ist in seinem distalen Theil erhalten. Divergenz der Fasern des tiefen Extensor.

Fig. 10. Ansicht der medialen Seite. Theile des Zonopropterygialis und Coracometapterygialis erhalten. Das Ligamentum zonomesopterygiale und seine Beziehungen zum tiefen Flexor treten deutlich hervor. Ventral ist ein die beiden Flexoren verbindendes Muskelbündel durchschnitten sichtbar.

Tafel III.

Fig. 11 stellt den vorderen Theil eines 50 cm langen Polypterus in der Ventral-Ansicht dar. Die Rumpfwandung ist jederseits zur Seite geschlagen. Der Schultergürtel ist in der Mitte durchschnitten und auf der rechten Seite zurückgeschlagen. Das Perikard ist eröffnet. *cor.* das Herz in demselben.

Rechts und links davon erblickt man die hintere Begrenzung des Kiemendarms. Ferner ist sichtbar die Lebervene (*V. hep.*) und die Leber; auch die Schwimmblase.

Seitlich davon sind die zu den Flossen tretenden Nerven dargestellt. Die linke Seite zeigt die Beziehung der vier Nervi pterygiales (I, II, III, IV) zu den Nachbartheilen, besonders zum Ligamentum cleithrovertebrale (*Lig. Cl. V.*), welches von vorderen Theilen der Wirbelsäule zum dorsalem Vorsprung des Cleithrums geht.

Auf der rechten Seite des Thieres ist die Flosse in die Supinationsstellung gebracht worden, sodass der metapterygiale (ventrale) Rand cranial, der proapterygiale caudal gelagert ist. Die nach innen vom Schultergürtel gelegenen Muskelmassen sind grösstentheils entfernt.

Von der Flossenmuskulatur ist sichtbar das mediale Flossenseptum, der Flexor superficialis mit seinen beiden Theilen, der Zonoproterygialis medialis, der Coracomapterygialis. Die scharfe Knickungslinie nach innen von der Flosse bezeichnet den untern Rand des Coracoid; und weiter nach innen ist das Foramen coracoideum sichtbar. In dieses tritt die Arteria pterygialis ein (*art.*).

$\pi\sigma\theta$ Nervus proterygialis, hervorgegangen aus *I* und *II*. 1. Ast zur Rumpfmuskulatur. 2. Aeste zum Zonoproterygialis. 3. Ast nach vorn, lang und schmal sich zu den unter der Clavicula gelegenen Muskelmassen begebend. $\mu\sigma\theta$ Nervus mesopterygialis, aus *III* hervorgegangen*). *l.* Lateraler Ast von $\mu\sigma\theta$ ins Foramen coracoideum eintretend, mit der Arterie. *m.* Medialer Ast zum Flexor sich begebend. $\mu\tau\alpha$. Nervus metapterygialis aus *IV*. 2 Aeste zur Muskulatur auf der Innenseite des Schultergürtels. *l.* Lateraler Ast zum Coracomapterygialis. *m.* Medialer Ast zum metapterygialen Theil des Flexor.

Fig. 12 und 13 geben Detailbilder der Nervenvertheilung an der lateralen und medialen Fläche der Flosse. Die oberflächlichen Extensoren- und Flexoren-Massen sind entfernt.

Fig. 12. Der Schultergelenkkopf (*Gl*) ist in die Darstellung aufgenommen, um die Lage der äusseren Oeffnung des Foramen coracoideum zu demselben zu zeigen. Lateral vom Gelenkkopf entspringt der schmale, als Glenopterygialis (*gl pt*) bezeichnete Muskeltheil des Extensor. Die über dem Gelenkkopf entspringenden Muskelmassen (zonoseptalis etc.) sind durchschnitten und zurückgeschlagen.

Ueber die proximale Epiphyse des *Pr.* schlägt sich der mediale Ast der $\pi\sigma\theta$ zur Medialfläche. $\pi\sigma\theta$. Stamm des Nervus proterygialis entsendet 5.**) Ast zum zonoseptalis. 6. kleiner Ast zum Schultergelenk. 7. Ast zum oberflächlichen Extensor. 8. Aeste die oberflächlichen und tiefen Extensor versorgen und sich demgemäss in oberflächliche und tiefe Aeste sondern. $\mu\sigma\theta$ *l.* ist der laterale Ast der des $\mu\sigma\theta$, dessen Eintritt ins Foramen coracoideum auf Fig. 11 sichtbar ist. Uebertritt dieses Nerven über die proximale Epiphyse des Metapterygium. 10. Ast zum Glenopterygialis. 9. Aeste zu tiefem und oberflächlichem Extensor, wie 8.

Fig. 13. Medialfläche der Flosse. *Lig. Z. Ms.* Ligamentum zonomesopterygiale. Theilung des $\pi\sigma\theta$ in *l.* Ramus lateralis (s. Fig. 12) und *m.* Ramus medialis. Der oberflächliche Flexor ist durchschnitten und theilweise erhalten, sodass man die Sonderung der Aeste der $\pi\sigma\theta$ *m* in oberflächliche und tiefe erkennen kann. Dasselbe ist bei $\mu\sigma\theta$ *m* der Fall, dem medialen Ast des $\mu\sigma\theta$ Nervus mesopterygialis.

Tafel IV.

Sämmtliche Figuren stellen Schnitte der Brustflossen von **Calamoichthys** dar, welche parallel zur Oberfläche derselben geführt wurden.

Fig. 14. **Calamoichthys** 12 cm Länge. Rechte Brustflosse. Der Schnitt hat Pro- und Metapterygium in grosser Ausdehnung getroffen, desgl. Mesopterygium, dessen Zusammenhang mit dem Pro-

*) In Folge eines Versehens ist der betreffende Strich auf der Figur nicht genügend weit gezogen worden, sodass er fälschlich bei *NI* endet. Dasselbe ist bei dem Aste *l* von $\mu\sigma\theta$ der Fall.

**) Die Zahl 5 ist auf der Figur vergessen worden. Sie muss zwischen den Bezeichnungen *zopt* u. $\pi\sigma\theta$ stehen.

pterygium sichtbar ist. Zu beachten ist die einander mehr parallele Stellung der proximalen Theile der Marginalia und die relativ geringe Ausdehnung des Mesopterygium in dieser Region. Auf der Aussenfläche des Mesopterygium liegen Theile des Extensor profundus. Ferner von Muskeln sichtbar: Theile des Zono-propterygialis lateralis und des Coraco-metapterygialis. Von den Proactinalien erblickt man Theile der distalen Epiphysen, die zum Theil zusammenhängen. Links liegt ferner das Epimarginale propterygiale; rechts sieht man die proximalen Theile zweier Strahlen des dermalen Skelets. Vergr. 50 : 1.

Fig. 15. *Calamoichthys* 25 cm. Linke Brustflosse. Der Schnitt liegt etwas medial vom Mesopterygium und trifft das Propterygium in ganzer Länge. Von Skelettheilen ist ferner sichtbar: Der Schultergelenkkopf, der proximale und distale Theil des Metapterygium, die Ossifikation des Mesopterygium, ein Theil der Proactinalia, das Epimarginale propterygiale und zum Theil noch eben gefressen die Epactinalia. Von Muskeln Zonopropterygialis lateralis, der Coracometapterygialis, Theil der Flexor profundus. Von Nerven sind in der Höhe des Schultergelenkes kleine Strecken des N. pro- und metapterygialis sichtbar. Von Gefässen erkennt man die Arteria pterygialis in der Nähe der proximalen Epiphyse des Metapterygium und die grosse Vena pterygialis. Vergr. 25 : 1.

Fig. 16. Schnitt derselben Serie wie Fig. 15, nur etwas mehr lateral. Das Metapterygium ist jetzt der Länge nach getroffen, während vom Propterygium nur die proximale Epiphyse angeschnitten ist. Von Skelettheilen ferner sichtbar: Der Schultergelenkkopf, das Mesopterygium mit einem Theil seiner Ossifikation, die Cartilago paraproperterygialis, zahlreiche Proactinalia und die Metactinalia, ferner das Epimarginale metapterygiale und einige Epactinalia.

Von Muskeln dieselben wie auf Fig. 15, ferner eine kleine gesonderte Portion des Extensor, welche von der Cartilago paraproperterygialis entspringt, und die im Text als *Musculus marginalis Propterygii* erwähnt wird.

Von Nerven sieht man den lateralen Ast des Nervus propterygialis über die proximale Epiphyse des Propterygium zum Extensor prof. treten; auch einige Aeste zum Zonopropterygialis sind sichtbar. Auf der anderen Seite zeigt sich ein ganz kleines Stück des Nervus metapterygialis. Von Gefässen ist eine kurze Strecke der Art. pterygialis sichtbar, ferner einige kleinere Gefässe auf der Lateralfäche des Mesopterygium, die theils auf Aeste der Art. perforantes, theils auf Quellen der Vena pterygialis externa zu beziehen sind. Vergr. 25 : 1.

Fig. 17. *Calamoichthys* von 12 cm Länge. Schnitt von der medialen Fläche des Mesopterygium. Dieses ist nicht sichtbar, von dem Pro- und Metapterygium zeigt sich der proximale Theil und zwar jene Partie, welche durch die Verschmelzung der knorpeligen Epiphysen entsteht und als *Proc. styloides* bezeichnet wird.

Von Muskeln sind Theile des Zonopropterygialis medialis in verschiedener Richtung der Fasern durchschnitten; ferner sieht man Theile des Coracometapterygialis und in grosser Ausdehnung den Flexor profundus, der aber nicht bis zum distalen Rand dargestellt ist.

Von Nerven ist gerade der mediale Ast des N. propterygialis getroffen bei seinem Uebertritt zur medialen Fläche, wo er dem Stamm des Mesopterygialis begegnet. Beide lagern sich aneinander, eine Art Plexus bildend, von dem aus distale Aeste zum Flexor ziehen.

Ein kleines Stück des Metapterygialis ist sichtbar. Von Gefässen sieht man den Uebertritt der Art. pterygialis über den proximalen Theil des Metapterygium seitlich zur medialen Fläche; ferner einige kleinere Gefässe weiter distal im Flexor profundus. Vergr. 40 : 1.

Inhalts - Uebersicht.

	Seite
Einleitung	261
I. Zur Anatomie des Crossopterygiums	263
A. Aeussere Verhältnisse, Form, Stellung und Bewegungen	264
B. Skelet	271
C. Muskulatur	296
D. Nerven	305
II. Crossopterygium und Archipterygium	312
III. Cheiropterygium und Ichthyopterygium	324
IV. Cheiropterygium und Crossopterygium	341
A. Aeussere Form und Stellung	341
B. Skelet	347
C. Nerven und Muskeln	360
V. Cheiropterygium und Archipterygium	371
Litteratur-Verzeichniss	384
Tafel-Erklärung	387

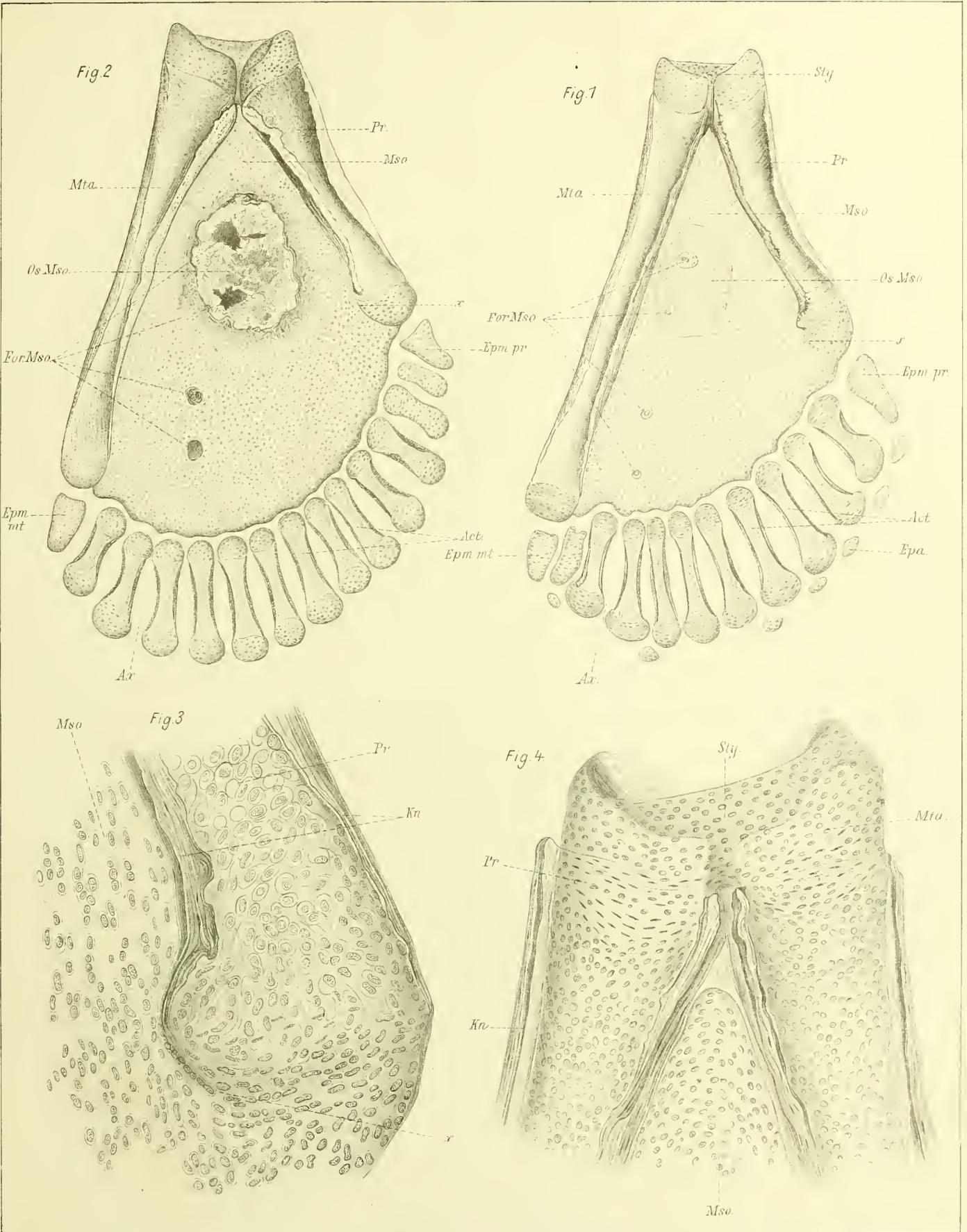


Fig. 9.

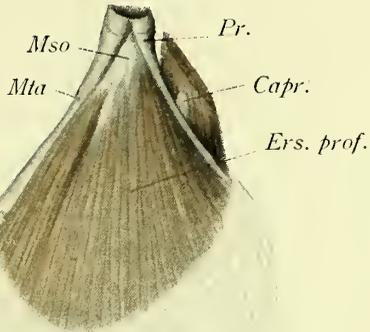


Fig. 5.

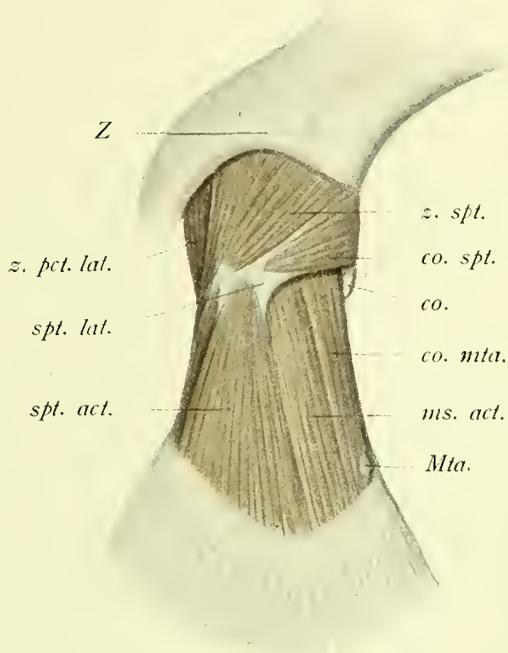


Fig. 10.

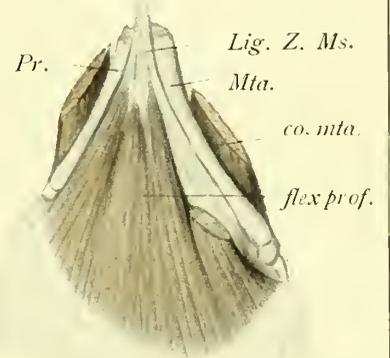


Fig. 7.

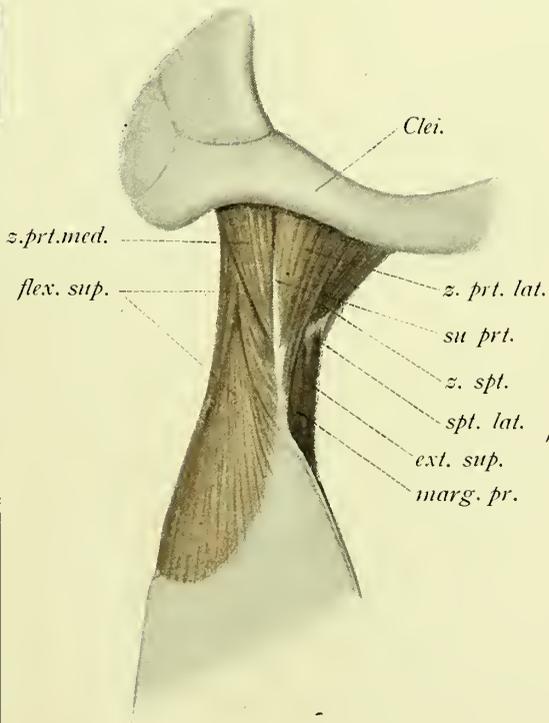


Fig. 6.

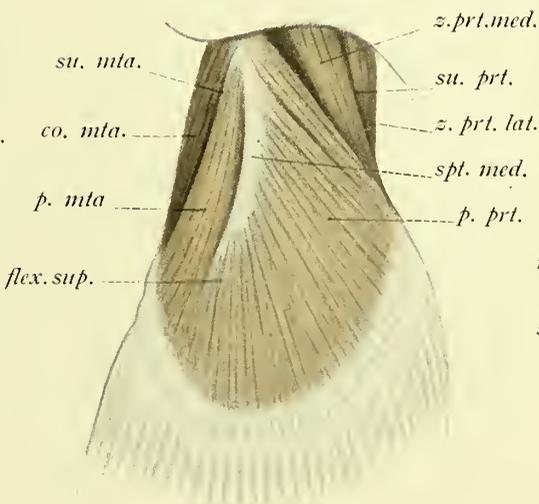


Fig. 8.

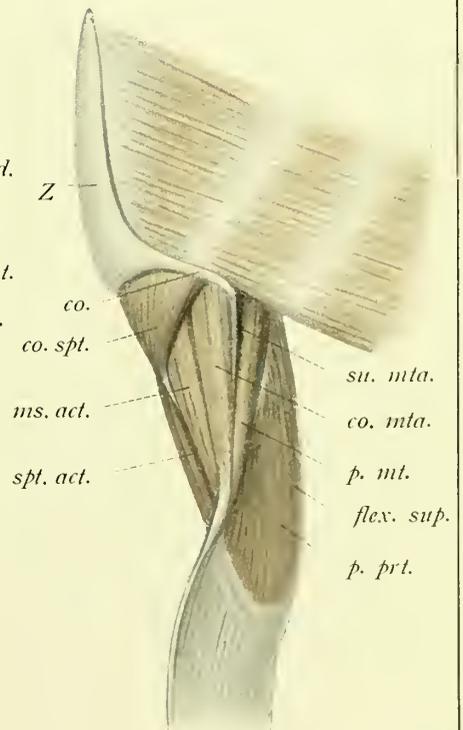


Fig. 11.

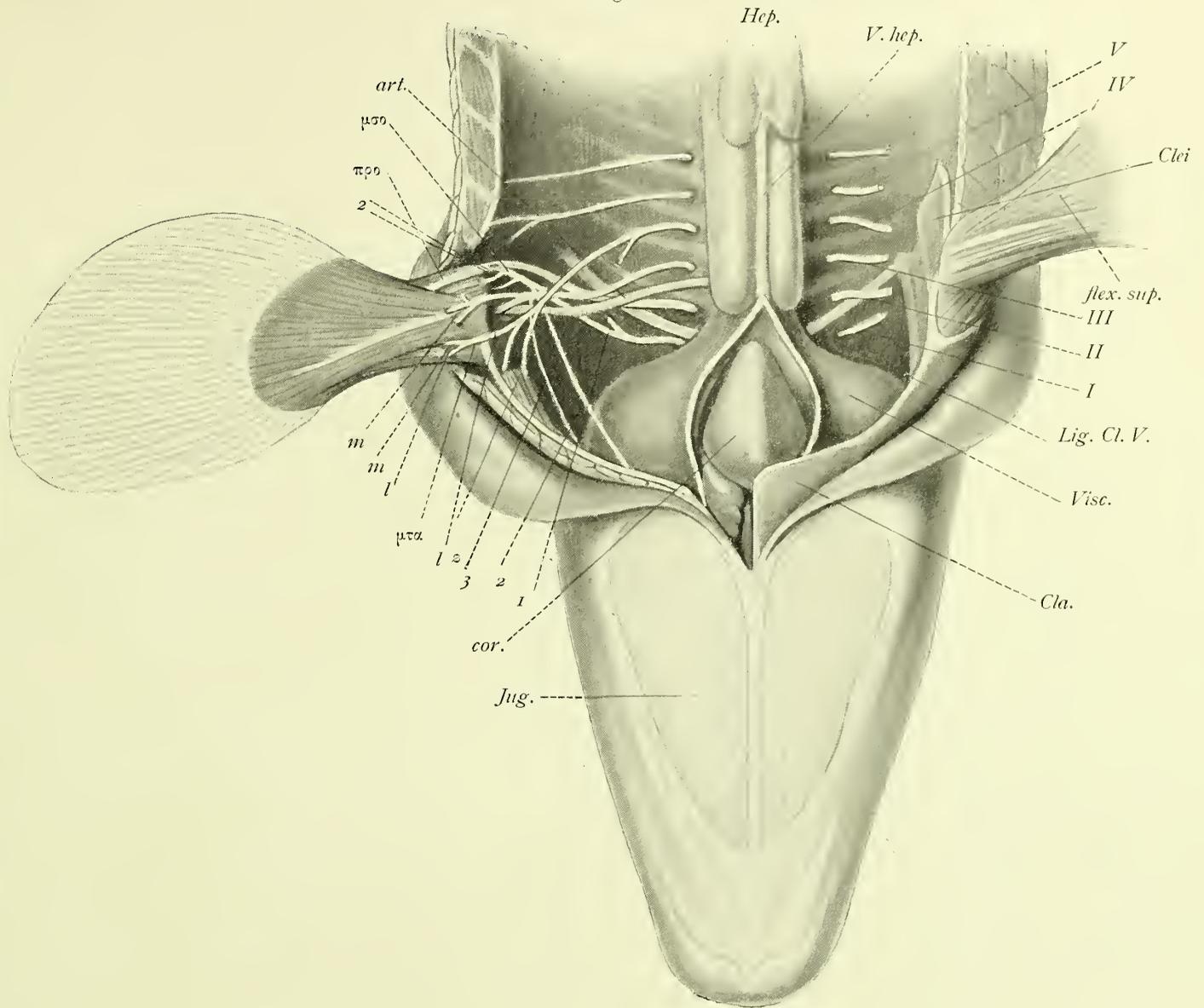


Fig. 12.

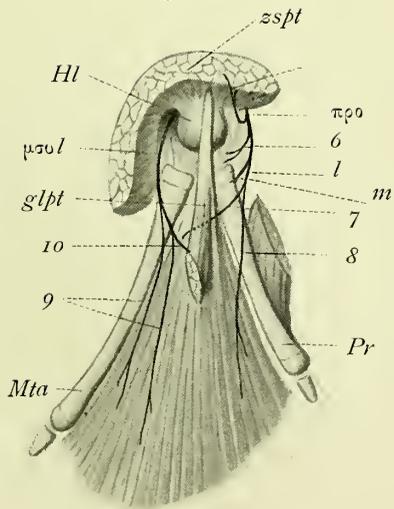


Fig. 13.

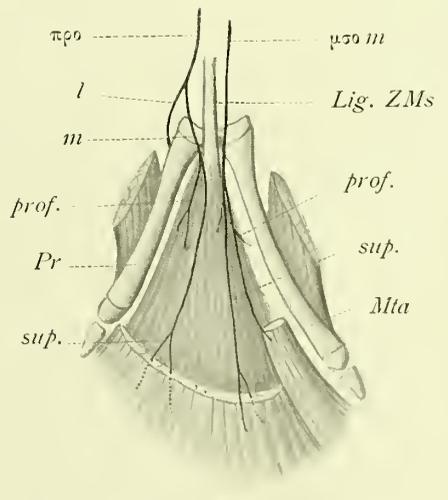


Fig. 15.

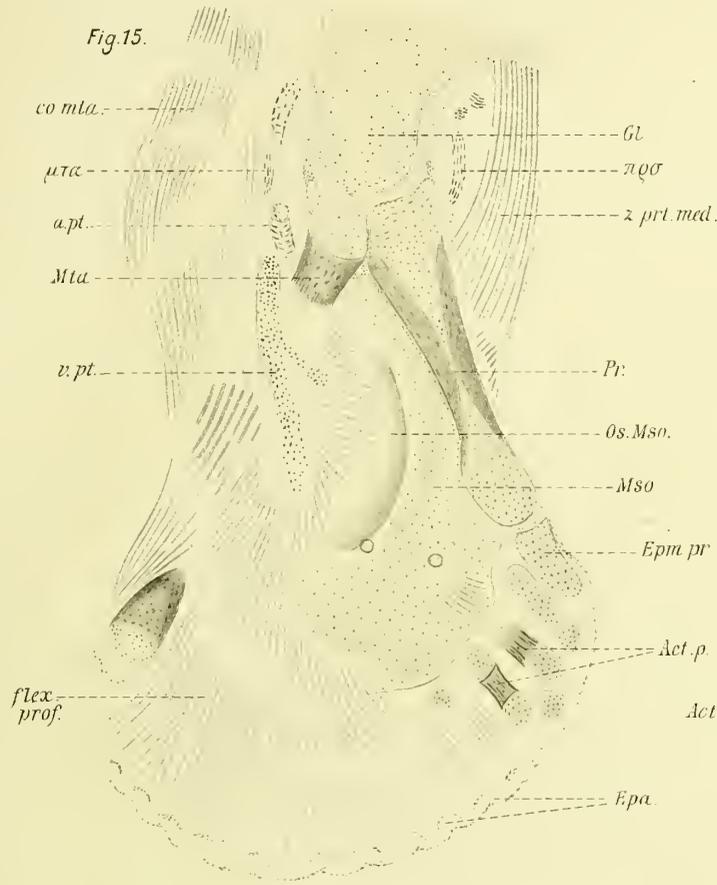


Fig. 14.

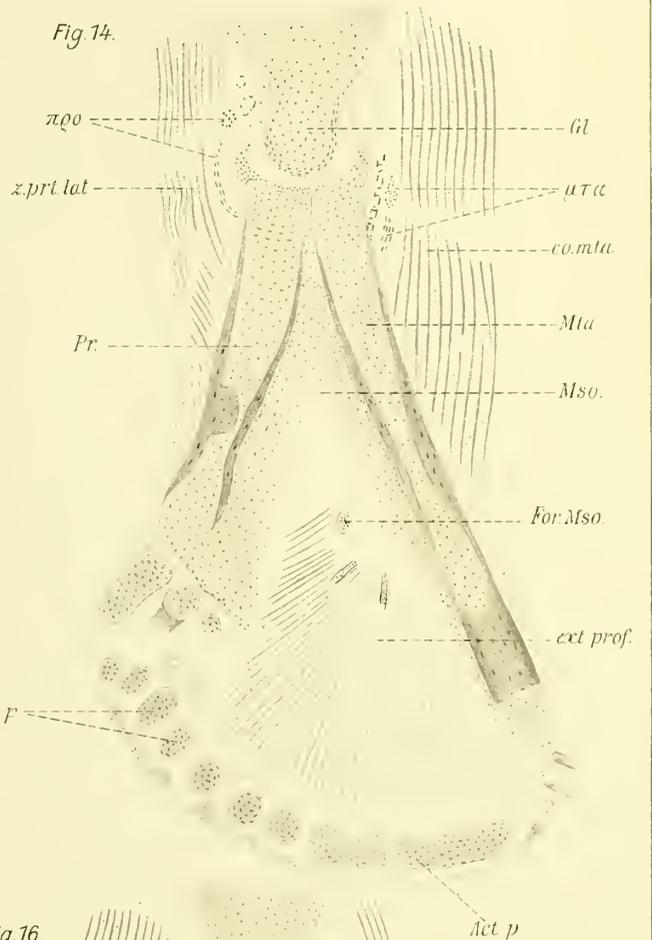


Fig. 17.

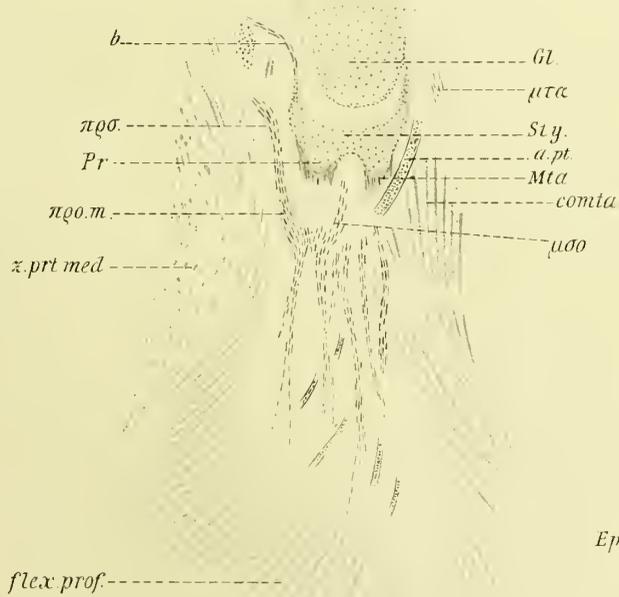


Fig. 16.

