

Untersuchungen an den Brustflossen einiger Teleostier.

Von

cand. med. **Waldemar Pechlau.**

Hierzu Tafel XXV—XXVII.

Einleitung.

Vorliegende Arbeit hat den Zweck, eine Beschreibung der Verbindungen der Brustflossen mit dem Schultergürtel bei einigen Teleostiern zu liefern. Die meiste Aufmerksamkeit wurde hierbei auf die Verbindung zwischen dem Schultergürtel und dem äußersten Strahl der Brustflosse gerichtet. Diese Verbindung, da sie zwischen den von GEGENBAUR in allen seinen Untersuchungen als Scapulare bezeichneten Knochen des Schultergürtels und dem Randstrahl stattfindet, wollen wir als Scapulare-Randstrahlverbindung bezeichnen.

Diese Verbindung hat auch GEGENBAUR in seiner Arbeit „Untersuchungen zur vergleichenden Anatomie der Wirbeltiere“ (1865, II) hervorgehoben, indem er hier p. 154 folgendes sagt: „Wenn wir auch die in der Regel vorhandenen vier Stücke (Carpus der Autoren) wegen ihres im wesentlichen gleichartigen Verhaltens auch als genetisch gleichartige ansehen (der Autor meint hier die Basalstücke der Teleostier im Vergleich mit den der Ganoiden), so tritt doch in dem basalen Abschnitt der Flosse etwas Ungleichartiges ein, indem ein offenbar dem sekundären Flossenskelett angehöriger Strahl sich mit dem Schultergürtel verbindet. Dieser Strahl ist gewöhnlich der stärkste der Brustflosse, er besitzt ein eigenes, meist sattelförmig konstruiertes Gelenk, an dem als Scapulare bezeichneten Knochenstücke des Schultergürtels, — es ist dies die einzige wahre Gelenkverbindung eines sekundären Strahles, denn alle übrigen sind nur durch Bandmasse mit den vier Basalstücken oder den diesen angefügten Knorpeln in Verbindung.“

Nach dieser Mitteilung GEGENBAURS zu schließen, handelt es sich hier um sehr eigenartige lokale Bildungen, welche zugleich als sekundäre zu beurteilen sind. Ich habe mir die Aufgabe gestellt, diese Bildungen genauer zu untersuchen und nach Möglichkeit die Gründe, welche die Entstehung dieser eigenartigen Verhältnisse veranlaßt haben, nachzuweisen.

Material. Es empfahl sich, mit Physostomen zu beginnen. Folgende Arten standen mir für die Untersuchung zu Gebote: *Barbus fluviatilis* als Vertreter der Cyprinoiden, *Esox lucius* als Vertreter der Esociden, *Salmo salar* als Vertreter der Salmoniden, *Alosa vulgaris* als Vertreter der Clupeiden und einige Siluroiden. Außerdem habe ich noch im Anschluß an die oben erwähnten Arten *Hypoglossus vulgaris* als Vertreter der Anacanthini pleuronectoidei untersucht, um auch bei diesen abseits stehenden Repräsentanten die an den Physostomen gewonnenen Ergebnisse gewissermaßen zu kontrollieren. Ebenfalls habe ich aus später zur Erörterung kommenden Gründen *Trigla hirundo* der Untersuchung unterzogen.

Die oben erwähnten Repräsentanten verschiedener Ordnungen der Teleostier wurden von mir genau auf Muskulatur, Skelett und Gelenkverbindungen untersucht. Von einer eingehenden Untersuchung der Nerven wurde abgesehen, da es sich in dieser Arbeit weniger um die Bestimmung von Homologien, als um Aufklärung funktioneller Verhältnisse handelt. Daran anschließend folgten noch Untersuchungen an mehreren anderen Fischen, jedoch nur in Bezug auf die Gelenkverbindungen.

Der allergrößte Teil der Untersuchungen geschah durch makroskopische Präparation. Doch wurden auch Serienschritte angefertigt, wo es galt, genau die histologischen Verhältnisse zu untersuchen. Solche Serien habe ich von *Barbus fluviatilis* und *Mugil* gemacht. Hierzu wurden, da es nicht auf entwicklungsgeschichtliche Vorgänge bei jungen Embryonen ankam, kleine Fische von etwa $1\frac{1}{2}$ —2 cm Körperlänge benützt.

Für die mikroskopischen Untersuchungen erwies mir das BRAUS-DRÜNERSche Binokular-Mikroskop gute Dienste.

Schon hier in der Einleitung sei darauf hingewiesen, daß die vorliegende Arbeit meine erste wissenschaftliche Arbeit ist, und daß andererseits die Untersuchungen neben einem viel Zeit raubenden medizinischen Studium durchgeführt worden sind. Daher möchte ich um nachsichtige Beurteilung des Vorliegenden bitten.

Skelett.

Das Skelett des Schultergürtels ist schon von mehreren Autoren genau beschrieben und auch in der oben erwähnten Arbeit von GEGENBAUR (1865, II) ist diesem Skeletteil ein großes Kapitel gewidmet, das zugleich für seine Kenntnis die Grundlage bildet. An Stelle einer weiteren Beschreibung sei darauf verwiesen.

Taf. XXV, Fig. 1 u. 2 zeigt uns den Schultergürtel des Lachses; ich begnüge mich mit einer ganz kurzen Beschreibung dieser Abbildung. Der Schultergürtel besteht aus einem primären und sekundären Anteil. Ersterer setzt sich zusammen aus dem Scapulare (*Sc*), dem Coracoid (*Cor*) und dem mit α bezeichneten Spangenglied. Letzterer wird durch die umfangreiche Clavicula (*Clav*) repräsentiert.

Das Flossenskelett wird gleichfalls vom primären und sekundären Teile gebildet. Das primäre Flossenskelett besteht in bekannter Weise aus den Basalia und den dahinter liegenden Knorpeln. Das sekundäre verdient eine genauere Beschreibung.

Wir wollen daher uns mit dem Bau der Strahlen näher beschäftigen, indem wir zunächst einen in der Mitte der Flosse gelegenen Strahl beschreiben und dann zu den Randstrahlen verschiedener Knochenfische übergehen.

Mittelstrahlen der Flosse. Jeder Strahl beginnt mit dickerer Basis und läuft distal ziemlich spitz aus. Er ist nicht einheitlich, sondern setzt sich aus einer ventralen und dorsalen Lage zusammen, die basal auseinander liegen, im weiteren Verlauf des Strahles dagegen sich berühren, sie können also leicht getrennt werden.

O. HERTWIG hat dies schon beschrieben in seiner Arbeit „Ueber das Hautskelett der Fische“ (Morphologisches Jahrbuch, Bd. II, 1876, p. 328). Er hat in dieser Abhandlung auf die gesonderte Verknöcherung des ventralen und dorsalen Integuments der aus dem Rumpfe hervorsprossenden embryonalen Flosse hingewiesen. Zwischen dem basalen Abschnitt der beiden Hälften dieser Falte schieben sich Teile des primären Flossenskelettes ein; diese beiden Hälften der Strahlen berühren sich daher am basalen Ende nicht, sondern weichen auseinander, um zwischen sich die Teile des primären Flossenskelettes aufzunehmen. Wir können hier also von zwei Fortsätzen des Strahles sprechen. Diese basale Endigung des Strahles hat in Anpassung an die Muskulatur, die diese Fortsätze als Ansatz benutzt, eine ganz charakteristische Form an-

genommen. So sehen wir einen solchen Strahl von einem Maifisch auf Taf. XXV, Fig. 3 abgebildet. Hier ist der ventrale Fortsatz ziemlich stark aboralwärts gebogen, dagegen ragt der dorsale frei von jeder Krümmung, etwas nach oben gerichtet, hervor. Außerdem können wir hier auch sehr gut die abgerundete Oeffnung zwischen beiden Fortsätzen sehen (*o*), die zur Aufnahme eines Knorpelchens vom primären Flossenskelett dient. Dasselbe ist durch Band- und Bindegewebsmasse mit dem Strahl verbunden. In der obenerwähnten Krümmung des ventralen Fortsatzes erblicke ich eine Einrichtung, die ihr Entstehen der Muskulatur verdankt; der Muskel, der diesen Fortsatz als Ansatz benutzt, erhält durch diese Krümmung eine größere Ansatzfläche, die fast parallel zu der Ansatzsehne steht; wäre diese Krümmung nicht vorhanden, müßte sich der Muskel mit der äußersten Spitze des Fortsatzes begnügen. Anders wieder beim dorsalen Fortsatz. Hier kommt der Muskel in schräger Richtung zur Flosse und kann somit bequem an dem geraden, etwas in die Höhe ragenden Fortsatz seinen Ansatz nehmen.

Jedoch ist diese Form der Strahlenfortsätze nicht bei allen Arten konstant, vielmehr zeigt sich in dieser Beziehung eine große Verschiedenheit der Form. Allein diese Verschiedenheiten sind von keiner prinzipiellen Bedeutung und sind meistens von der Muskulatur abhängig, die natürlich bei verschiedenen Arten, wenn auch an Zahl und Funktion konstant, so doch in ihrem Verlauf wechselnd ist. Andererseits spielen auch die Teile des primären Flossenskelettes nicht die letzte Rolle bei der Bestimmung der Form, die diese Strahlenfortsätze zeigen. So z. B. beim Karpfen sind die dorsalen Fortsätze mit ihren Spitzen nach unten eingebogen, um so den Teilen der zweiten Reihe des primären Flossenskelettes, die hier von sehr kleinem Umfange sind, einen größeren Halt zu verschaffen. Der Muskel setzt sich dann an dem nicht eingebogenen Teil des Fortsatzes an. Da aber, wie schon gesagt, alle diese Verschiedenheiten von keiner prinzipiellen Bedeutung sind, brauche ich wohl nicht alle hier aufzuzählen. Für uns ist ja bloß von Wichtigkeit zu wissen, wie sich die Strahlen der Flossen im allgemeinen zum primären Flossenskelett und zur Muskulatur verhalten. Daher will ich nur kurz an der Hand der Fig. 3 auf Taf. XXV das hervorheben, was für uns von Wichtigkeit ist.

Wir sehen, daß der Flossenstrahl basalwärts sich wieder in die ihn zusammensetzenden Hälften teilt, die hier die Rolle der Muskelfortsätze spielen. Wir unterscheiden einen dorsalen Fort-

satz (*a*) und einen ventralen (*b*), zwischen beiden sehen wir schließlich eine Abrundung des Skelettes zur Aufnahme von Teilen des primären Flossenskelettes (*c*).

Was die Verbindung der einzelnen Strahlen unter sich anbetrifft, so verhält sich das basale Ende der Strahlen anders als der übrige Teil derselben. Die Strahlen sind vom Ende bis zur Gabelungstelle durch Schwimnhaut verbunden. Dagegen im basalen Abschnitt ist die Verbindung viel inniger; die einzelnen Strahlen gehen hier bedeutend näher aneinander und sind meist durch Bandmasse miteinander verbunden. Dank dieser innigeren Verbindung kommen die abgerundeten Oeffnungen der einzelnen Strahlen nahe aneinander zu liegen, und da der kleine Spalt zwischen den einzelnen noch teils durch Bindegewebe, teils durch Bandmasse ausgefüllt wird, so entsteht aus diesen einzelnen Oeffnungen ein länglicher Kanal, in den nun die Teile des primären Flossenskelettes zu liegen kommen.

Diese Teile sind ebenfalls durch Bänder mit den Strahlen und zwar meistens mit den Muskelfortsätzen derselben verbunden. Die Festigkeit dieser Verbindung, oder sagen wir besser der Grad des Bewegungsvermögens dieser Verbindung zwischen den Teilen des primären Flossenskelettes und den Strahlen ist bei allen Arten der Teleostier sehr beschränkt. Es soll noch später bei der Erörterung der verschiedenen Verbindungen an den Flossen der Teleostier näher auf diese Frage eingegangen werden. Auf jeden Fall können wir schon jetzt aus dem oben Gesagten schließen, daß diese bedeutend innigere Verbindung der Strahlen am basalen Ende daher rührt, daß sie das Bestreben kundgibt, diesem Teil des primären Flossenskelettes einen möglichst festen Boden für seine Lage zu geben. Also eine Anpassung eines sekundären Gebildes an ein primäres.

Auf den feineren inneren Bau der Strahlen gehe ich nicht ein, da ja O. HERTWIG in seiner oben erwähnten Abhandlung über den feineren Aufbau der Strahlen eine ausführliche Beschreibung gegeben hat. Es sei von mir aus bloß noch kurz darauf hingewiesen, daß auch im feineren Bau O. HERTWIG eine Verschiedenheit zwischen dem basalen und dem übrigen Teil der Strahlen bemerkt hat, indem eben von ihm darauf hingewiesen wird, daß die Plättchen, die den Strahl zusammensetzen, nach der Flossenbasis zu immer breiter und dicker werden; ebenfalls werden auch die Zähnen, die die Plättchen bedecken, nach der Basis zu stärker. Dadurch nämlich ist auch die bedeutendere Stärke eines

Strahles an seinem Basalende im Vergleich zur Peripherie erklärlich.

Randstrahlen. Bereits am Anfange meiner Abhandlung habe ich durch Zitierung einer Stelle aus der Arbeit von GEGENBAUR auf die Sonderstellung der Randstrahlen hingewiesen. Es handelte sich hier vor allem darum, wie kommt es zustande, daß der Randstrahl, der doch ontogenetisch zum sekundären Flossenskelett gehört, eine Stellung erwirbt, die sonst nur den Basalstücken als den Repräsentanten des primären Flossenskelettes zukommt. Kurz, wie gelangt der Randstrahl zu einer direkten Gelenkverbindung mit dem primären Schultergürtel? — Die Antwort auf diese Frage hat uns GEGENBAUR schon gegeben, indem er nachgewiesen hat, daß der Randstrahl als solcher nicht nur aus Elementen des sekundären Flossenskelettes hervorgegangen ist, sondern auch Teile des primären Flossenskelettes in sich birgt. Es handelt sich hier bekanntlich um das anscheinend verschwundene Propterygium, das in Wirklichkeit nicht verschwunden, sondern so vom Randstrahl umwachsen worden ist, daß es schließlich eins mit ihm wurde.

Also müssen wir bei der Untersuchung der Randstrahlen uns immer gewiß sein, daß wir es hier mit zweierlei Elementen zu tun haben. Daher werde ich bei der Beschreibung der verschiedenen Randstrahlen immer von dem Gesichtspunkte ausgehen, daß wir hier wenigstens zum Teil ein Gebilde vorfinden müssen, welches auf sein früheres hinweist; ich will also die Beschreibung des Randstrahles immer Hand in Hand mit einer genauen Vergleichung desselben mit den übrigen Strahlen durchzuführen versuchen.

Betrachten wir eine beliebige Teleostierflosse, so bemerken wir schon gleich auf den ersten Blick die außerordentliche Stärke des Randstrahles, er ist der längste von allen und zeigt auch schon bei der oberflächlichsten Untersuchung eine Sonderstellung den anderen Strahlen gegenüber.

Wenn wir nämlich die Flossenbewegungen eines lebenden Fisches beobachten, so können wir diese Sonderstellung leicht konstatieren, indem wir sehen, daß ein Fisch öfters den Randstrahl in eine bestimmte Stellung bringt, in der er sodann längere Zeit verharren kann, wobei der übrige Teil der Flosse fächernde Bewegungen ausführt. Dagegen ist es dem Fisch unmöglich, seinen zweiten oder dritten Strahl in eine feste Stellung zu bringen, um mit den übrigen Strahlen die Bewegungen auszuführen. Schon diese Tatsache muß in uns die Ueberzeugung erwecken, daß der

Randstrahl sich im Laufe der Zeit besondere Einrichtungen und ein größeres Bewegungsvermögen erworben hat.

Meine Untersuchungen haben mir weiter noch gezeigt, daß diese neuerworbenen Eigenschaften nicht bei allen Arten der Teleostier auf der gleichen Höhe ihrer Entwicklung stehen, vielmehr kann man diese allmählichen Entwicklungsstadien durch verschiedene Teleostier-Arten hindurch verfolgen. So z. B. ist der Randstrahl der Cyprinoiden und Clupeiden primitiver gebaut als der der Salmoniden und noch weiter wieder sehen wir eine starke Komplikation der Verhältnisse bei Siluroiden. Daher will ich auch in meiner Beschreibung diesen allmählichen Uebergang von einfacheren Verhältnissen zu komplizierteren einhalten und zunächst mit der Beschreibung des Randstrahles bei Cyprinoiden anfangen, und zwar nehme ich als Untersuchungsobjekt den Randstrahl von *Barbus fluviatilis*.

Der Randstrahl von *Barbus fluviatilis* wird ebenso wie auch die übrigen Strahlen nach seinem basalen Ende zu stärker. Wir können an dem Randstrahl drei Seitenflächen unterscheiden: eine obere, eine seitliche, den übrigen Strahlen zugekehrte, und eine seitlich-untere; da hier die äußere der Clavicula zugekehrte seitliche Fläche ohne jegliche Grenze abgerundet in die untere Fläche übergeht, erscheint eben der Randstrahl dreiseitig und man kann von einer seitlich-unteren Fläche sprechen.

Die obere Fläche des Randstrahles zeigt eine stark ausgeprägte rauhe Erhebung. Auf der Fig. 4 (A), Taf. XXV sehen wir sie nicht so deutlich, da sie hier von der Muskelsehne (*a*) bedeckt ist. Diese Erhebung verdankt ihre Entstehung jedenfalls dem Muskel, dessen Sehne wir auf Fig. 4, Taf. XXV (*a*) sehen und die hier diese Erhebung als ihren Ansatz benützt. Diese Erhebung ist also eine Art Muskelhöcker; und da, wie wir später sehen werden, an der unteren Fläche des Randstrahls auch eine ähnliche Einrichtung vorhanden ist, wollen wir diese Erhebung als „Tuberculum superius“ bezeichnen. Wenn wir nun den Randstrahl an seiner oberen Fläche aboralwärts von dem Tuberculum superius betrachten, so zeigt hier der Randstrahl einen seitlichen hakenförmigen Fortsatz, dank dem hier an seiner basalen Fläche der Randstrahl auch so breit erscheint.

Wenn wir nun etwas zurückgreifen, um den oben beschriebenen ventralen Muskelfortsätzen der übrigen Strahlen zu gedenken, die, wie schon beschrieben, in gekrümmter Richtung etwas nach unten eingebogen hervortreten, so müssen wir konstatieren, daß der haken-

förmige Fortsatz des Randstrahls ein mit ihnen homologes Gebilde ist. Dieser Fortsatz des Randstrahls gehört ebenso wie die der übrigen Strahlen dem sekundären Flossenskelett an und kann ebenfalls als ein Muskelfortsatz bezeichnet werden, denn wie wir später sehen werden, wird er als Ansatzpunkt von einem Muskel in Anspruch genommen, der auch an den übrigen ventralen Muskelfortsätzen Ansatz nimmt. Nun was die Form dieses Fortsatzes anbetrifft, so könnte man beinahe behaupten, daß dieselbe, wie sie Fig. 4 (A), Taf. XXV uns zeigt (*b*), konstant ist. Diese hakenförmige Krümmung dieses Fortsatzes kann man sich leicht aus dem Umstande erklären, daß der Randstrahl gegenüber den übrigen Strahlen eine Lageveränderung erfahren hat und infolgedessen erfuhr im Laufe der Zeit auch der Muskelfortsatz des Randstrahles diese Krümmung, um durch diese wieder in eine gleiche Lage mit den übrigen ventralen Fortsätzen zu kommen. Denn wir sehen, daß dieser hakenförmige Fortsatz sich den andern Fortsätzen gegenüber vollständig gleich in der Lagebeziehung verhält, er erreicht eben durch seine Krümmung eine Parallelstellung den andern gegenüber.

An der seitlichen Fläche des Randstrahles, mit der er den übrigen Strahlen anliegt, stoßen wir auf äußerst interessante Einrichtungen, die jedoch wiederum alle an das basale Ende des Randstrahles zu liegen kommen. Schon auf den ersten Blick fällt es uns auf, daß an diese Seitenfläche ein knorpeliger Knopf zu liegen kommt, der, wenn wir den Randstrahl von seiner oberen Fläche betrachten, nicht zu sehen ist, da er dann von dem oben beschriebenen Muskelfortsatz des Randstrahles verdeckt wird.

Durch diesen knorpeligen Knopf wird eine bewegliche Verbindung des Randstrahles mit dem übrigen Teil der Flosse hergestellt. Die Tatsache, daß dieser Knopf von knorpeliger Beschaffenheit ist, zeigt uns, daß er dem primären Flossenskelett angehört. Weiterhin zeigt der Randstrahl an dieser Fläche noch eine Rinne, die an dem erwähnten Gelenkknopf vorbeizieht. Auf Taf. XXV, Fig. 4 (B) ist diese Rinne leicht zu erkennen (*o*). Diese Rinne zeigt uns die Grenze zwischen dem Teil des Randstrahls, der dem primären Flossenskelett angehört und dem, der dem sekundären Flossenskelett angehört. An dieser Stelle ist eben die vollständige Verwachsung beider Teile ausgeblieben.

Die untere Fläche des Randstrahles zeigt ebenfalls wie die obere einen Muskelhöcker, den wir hier als „Tuberculum inferius“ bezeichnen wollen.

Weiter zeigt diese Fläche auf den ersten Blick keine Besonderheiten. Jedoch drängt sich jetzt an uns unwillkürlich die Frage, ob wir nicht auch an dieser Fläche einen Muskelfortsatz des Randstrahles, ähnlich wie wir an der oberen Fläche einen gesehen haben, wahrnehmen können. Nun, was diese Frage anbetrifft, so müssen wir sie negativ beantworten, denn ein Fortsatz besteht hier nicht. Allein eine Andeutung für sein früheres Bestehen können wir auch hier wahrnehmen. Betrachten wir uns nämlich die auf Taf. XXV, Fig. 4 (A) dargestellte Gelenkpfanne von der unteren Seitenfläche her, nachdem die Gelenkkapsel sorgfältig wegpräpariert ist, so können wir mit Leichtigkeit konstatieren, daß hier die Gelenkpfanne von der Seite her von einer Knochenlamelle, die fast bis zur oralen Kante der Gelenkpfanne reicht, überdeckt ist, und diese Knochenlamelle gehört dem sekundären Flossenskelett an; sie repräsentiert eben den zurückgebildeten Muskelfortsatz des Randstrahls.

Wir sehen also, daß der Randstrahl eines Teleostiers noch deutlich seine Verwandtschaft mit den übrigen Strahlen zeigt. Er hat eben, so wie auch alle übrigen Strahlen, Teile des primären Flossenskeletts zwischen seine Fortsätze aufgenommen, jedoch durch verschiedene Lebensverhältnisse der Teleostier, die wir später noch genauer besprechen werden, hat sich der Randstrahl zu einem Organ ausgebildet, das bedeutend größere Funktionen aufzuführen hat als die übrigen Strahlen. Daher wurden die Teile des primären Flossenskeletts zur Erreichung einer direkten Verbindung mit dem Schultergürtel benützt.

Die vordere Fläche des Randstrahles wird durch die auf Taf. XXV, Fig. 4 (A) dargestellte Gelenkpfanne vollständig eingenommen. Diese Gelenkfläche ist an ihrer Oberfläche knorpelig, was dadurch erklärlich ist, daß auch dieser Teil dem primären Flossenskelette angehört. Wir erkennen auch leicht an dieser Gelenkfläche eine Konkavität in der Mitte und Konvexitäten an den beiden Seiten der Gelenkpfanne. Ich habe absichtlich die Beschreibung der Gelenkfläche ganz kurz abgefaßt, da wir später noch genauer alle Verhältnisse hierbei berücksichtigen werden müssen.

Somit hätten wir ein vollständiges Bild vom basalen Ende des Randstrahles entworfen; der übrige Teil des Randstrahles bietet für uns nichts besonders Interessantes. Hier verhält sich der Randstrahl ganz genau so wie die übrigen Strahlen. Mit dem zweiten von denselben wird er, ebenso wie die übrigen, durch

Schwimmhaut verbunden; bloß durch eine größere Stärke, die auch an dem peripheren Teil zutage tritt, tritt er vor den andern hervor. Die Umbildungen kommen somit nur im basalen Ende des Randstrahls zum Vorschein.

Was endlich den feinern Bau des Randstrahles anbetrifft, so finden wir in der Arbeit von O. HERTWIG „Ueber das Hautskelett der Fische“ sehr interessante Mitteilungen. So sind hier die Knochenplättchen breiter und die Knochensubstanz ist von mehreren HAVERSSchen Räumen durchsetzt, wodurch sie eine spongiöse Beschaffenheit erhält. Die Knochensubstanz umschließt einen an Fett und Blutgefäßen reichen Kanal. Wir hätten also eine Art von Röhrenknochen vor uns und wenn wir noch bedenken, daß gerade die spongiöse Bauart des Knochens ihm eine größere Festigkeit verschafft, so müssen wir auch hier wiederum das Bestreben erklicken, dem Randstrahl nicht nur freiere Bewegung zuteil werden zu lassen, sondern ihn auch möglichst fest gegen verschiedene Widerstände zu gestalten.

Wenn wir nun jetzt zum Randstrahl des Lachses übergehen, so wollen wir an dem Randstrahl des Lachses beobachten, inwiefern derselbe von dem eben beschriebenen abweicht. Mit andern Worten, wir wollen jetzt konstatieren, inwieweit der Randstrahl des Lachses über dem eben beschriebenen steht.

Am Randstrahl des Lachses (*Salmo salar*) sind sämtliche Einrichtungen und Gebilde des Randstrahles von *Barbus fluviatilis* wiederzufinden.

Dagegen ragt beim Randstrahl des Lachses, wenn wir die Gelenkpfannen beider Randstrahlen miteinander vergleichen, die untere Fläche der Gelenkpfanne bedeutend mehr in die Höhe und ist dabei ziemlich stark nach innen, also nach der Mitte zu, gebogen. Die Bedeutung und die physiologische Aufgabe dieser Vorrichtung wollen wir erst beim Kapitel über die Gelenkverbindungen näher besprechen. Außer dieser Einrichtung verhält sich der Randstrahl des Lachses vollständig ebenso wie der von *Barbus fluviatilis*, was auch leicht aus dem Vergleich der auf Taf. XXV abgebildeten Fig. 4 (A) und Fig. 5 zu ersehen ist.

Der Randstrahl eines Siluroiden zeigt auch dies stärkere Hervortreten der unteren Gelenkpfannenfläche, jedoch ist hier diese Fläche so stark in die Höhe gezogen und nach der Mitte eingebogen, daß man hier schon von einem vollkommenen Hemmvorsatz sprechen kann (Taf. XXV, Fig. 6 a). Außerdem besteht hier noch eine sekundäre Vorrichtung, die dem sekundären

Teil des Randstrahles angehört, durch die eine Verbindung des Randstrahles, der hier einen stachelartigen Charakter annimmt, mit der Clavicula zustande kommt. Dies Gebilde ist auf Taf. XXV, Fig. 6 mit *b* bezeichnet. Diese letzte Vorrichtung dient ebenso zur Hemmung des Niederlegens des Randstrahls durch äußere Gewalten. Näheres über diese Vorrichtungen und ihre physiologischen Aufgaben finden wir im Kapitel über die Gelenkverbindungen an den Brustflossen der Knochenfische.

Nachdem wir nun das Skelettgerüste der Schultergegend der Knochenfische soweit kennen gelernt haben, gehen wir jetzt zur näheren Betrachtung des zweiten Komponenten der Schultergegend, und zwar zu den Muskeln, über.

Muskulatur.

Die Flossenmuskulatur gibt die Erklärung für viele Verhältnisse des Flossenskeletts. In erster Linie gilt dies für die Gelenkverbindungen. In der Literatur, auch in den größeren Werken von CUVIER, OWEN, MECKEL fehlen diesbezügliche genauere Mitteilungen über diese Muskulatur. Die Angaben, die wir in ihren Arbeiten finden, gehen dahin, daß diese Muskulatur in zwei Gruppen eingeteilt werden kann: Senker an der unteren und Heber an der oberen Fläche. In einigen Werken wird noch erwähnt, daß man unten zwei und oben drei Lagen unterscheiden kann. Dieser Mangel macht eine eingehendere Beschreibung der Brustflossenmuskulatur bei den von mir untersuchten Teleostiern nötig. Auch von FIEBIGER (Anatom. Anzeiger 1905, Bd. 27) wurde eine ähnliche Beschreibung der Bauchflossenmuskulatur gegeben, wobei derselbe sich ebenfalls über die geringen Mitteilungen über die betreffende Muskulatur beklagt. Es galt nun für mich, für diese von mir genau untersuchten Muskeln auch die entsprechende Bezeichnung zu geben; denn, wie schon oben erwähnt, war es mir unmöglich, genauere Angaben in der Literatur zu finden. Es ist aber auch anderseits ziemlich schwierig, für diese Muskeln, von denen jeder einzelne verschiedene Funktionen ausführt, eine passende Nomenklatur zu wählen.

FIEBIGER hat für die Bauchflossenmuskeln die Bezeichnung als Flexoren und Extensoren gewählt und ich dachte auch anfangs, diese Nomenklatur an den Brustflossenmuskeln anzuwenden; jedoch mußte ich mir zuletzt sagen, daß die Funktionen, die durch

die von mir untersuchten Muskeln ausgeführt werden, keineswegs mit der Bezeichnung einerseits als Flexoren, anderseits als Extensoren in Einklang zu bringen waren. Da es aber auch rein unmöglich ist, schon durch eine Bezeichnung Andeutung auf die mannigfaltige Funktion der einzelnen Muskeln zu geben, habe ich mich damit begnügen müssen, daß ich die Muskeln, die an der unteren ventralen Fläche liegen, als die Abductoren bezeichne, da sie vor allem durch ihre Tätigkeit die Flosse von der Mittellinie entfernen, dagegen will ich die an der oberen dorsalen Fläche gelegenen Muskeln als Antagonisten zu den ersteren als Adductoren bezeichnen. Natürlich liegt es mir fern, hierdurch eine neue Nomenklatur ins Leben rufen zu wollen, vielmehr geschah das aus dem Grunde, dem Leser eine leichtere Orientierung zu verschaffen. Schon bei Beobachtung der Bewegungen, die ein lebender Fisch mit seiner Brustflosse ausführt, können wir mit Leichtigkeit konstatieren, daß hier zwei verschiedene Muskelgruppen vorhanden sein müssen, die gegenseitig antagonistisch wirken. Und zwar können wir hier eben, wie schon oben erwähnt, die obere dorsale Muskelgruppe und die untere ventrale unterscheiden.

Da mir meine Untersuchungen gezeigt haben, daß die Muskeln bei allen von mir untersuchten Teleostier-Arten konstant sind, so werde ich mich mit der Beschreibung der Muskulatur an einer Art begnügen können. Wie für die Beschreibung, so auch für die Abbildungen der einzelnen Muskeln habe ich die Brustflossensmuskeln des Lachses anderen Fischen vorgezogen, da ich an denselben infolge seiner Größe am sichersten und bequemsten die einzelnen Muskeln auspräparieren und untersuchen konnte. Jedoch werde ich bei der Beschreibung der Muskeln am Lachs auch auf die kleinen individuellen Verschiedenheiten bei anderen Arten immer hinweisen.

Ventrale Muskulatur. Das größte Gewicht soll bei dieser Muskelbeschreibung auf die funktionelle Frage gelegt werden. Entfernen wir an der ventralen Fläche das Integument, so stoßen wir gleich auf den ersten oberflächlichsten Muskel der ventralen Brustflossensmuskulatur. Dieser Muskel, den wir als *Abductor superior pinnae thoracicae* bezeichnen wollen, zeigt zwei Portionen. Die einen Fasern ziehen in schräger Richtung von der Clavicula her, die anderen dagegen in mehr gerader Richtung vom Coracoid. Wenn wir nun die genaue Ursprungslinie am Knochen verfolgen, vom oberen oralen Muskelrande ausgehend, so wie sie auf Fig. 1 auf Taf. XXV durch punktierte Linie gekennzeichnet ist, so sehen

wir dem oben Gesagten entsprechend die Ursprungslinie am Clavicularbogen entlang ziehen. Die ersten Fasern des Muskels reichen hier fast bis zu der Stelle, wo die Verbindung des Scapulare und des Coracoids mit der Clavicula ein Dreieck bildet. Weiter von hier entspringen die Muskelfasern längs des Clavicularbogens bis zu der medianen Verbindungsstelle der beiden Schultergürtel, von wo aus auch noch einige Fasern entspringen, durch die dann die Grenze zwischen dem oralen und dem aboralen Teil des Muskels gezogen wird. Die aborale Ursprungslinie läuft an dem äußeren Rande des Coracoids entlang, wobei auch der aborale Vorsprung des Coracoids benutzt wird, um dann endlich in der Nähe von der Scapulare-Coracoid-Nahtverbindung zu endigen. Bei näherer Betrachtung kann man leicht am Coracoid an seinem oralen Ende verschiedene Rauigkeiten bemerken, die meist aus einzelnen Leisten bestehen. Nun was diese Rauigkeiten anbetrifft, so ist es leicht, beim Abtrennen des beschriebenen Muskels nachzuweisen, daß auch sie als Ursprungsstellen für die tieferen Fasern dienen. Dieser Muskel setzt sich nun folgendermaßen an der Flosse an: er geht vor dem basalen Ende der Flosse in eine größere Sehne über, die ihrerseits sich in mehrere, der Zahl der Knochenstrahlen der Flosse entsprechende Sehnenzipfel teilt und nun mit diesen Sehnenzipfeln inseriert der Muskel an den, wie schon beschrieben, aboralwärts gebogenen ventralen Muskelfortsätzen der einzelnen Strahlen, wobei auch der Randstrahl durch seinen lateralen Fortsatz beteiligt ist. Wie der Ursprung, so verhält sich auch der Ansatz des *Musculus abductor superior pinnae thoracicae* bei allen von mir untersuchten Arten konstant. Wenn man eine individuelle Verschiedenheit feststellen will, so beschränkt sich dieselbe bloß auf die Stärke der Ausbildung der einzelnen Sehnenzipfel. Bei *Barbus fluviatilis* und bei *Esox lucius* z. B. sind die einzelnen Sehnenzipfel besonders stark voneinander getrennt, dagegen beim Lachs gehen sie vielmehr ineinander über, um so mehr eine Vorstellung von einer einheitlichen Sehne zu erwecken.

Denken wir uns nun den Muskel sich kontrahierend, so ist die Folge davon, daß die Flosse von dem Körper zur Seite gezogen wird und zu gleicher Zeit nach vorn; also ist der Muskel ein Vorwärtszieher. Dieser Muskel steht, wie wir an seinem Ansatz sehen, nur mit dem sekundären Skeletteil der Brustflosse in Verbindung. Durch die Funktion dieses Muskels, durch die die Flosse seitlich ausgebreitet wird, wird natürlich eine größere Körperoberfläche erreicht, was für den Fisch bei vielen Schwimm-

bewegungen von großer Bedeutung ist, da der Fisch beim Schwimmen die Brustflosse vor allen Dingen als einen Steuerapparat benützt. Man kann es sich ja auch sehr leicht vorstellen — nehmen wir an, daß der Fisch während des Schwimmens aus irgend einem Grunde links oder rechts ausweichen muß, so braucht er nur die entsprechende Flosse in die Lage zu bringen, in der die Flosse etwa senkrecht zur Körperlänge gestellt wird und durch den Strom wird dann der Fisch in die gewünschte Richtung gebracht. Wir sehen also, daß die Tätigkeit des *Musculus abductor superior pinnæ thoracicæ* eine äußerst zweckmäßige ist.

Auf Taf. XXVI, Fig. 7 ist dieser Muskel in seiner vollen Ausdehnung abgebildet.

Entfernen wir nun diesen Muskel an seinem Ursprung wie auch an seinem Ansatz, so kommen wir auf zwei tiefere, nebeneinander liegende Muskeln, von denen der untere vollständig, der obere zum größten Teil vom oben beschriebenen bedeckt sind. Diese beiden Muskeln sehen wir auf Taf. XXVI, Fig. 8 nebeneinander liegen.

Den unteren aboralen wollen wir als *Musculus abductor inferior pinnæ thoracicæ* bezeichnen. Der Ursprung dieses Muskels ist bloß auf die Knochen des primären Schultergürtels beschränkt, und zwar verläuft zum größten Teil die Ursprungslinie auf dem Coracoid. Dieser Muskel liegt nicht so nahe der Medianlinie wie der vorige, vielmehr fängt derselbe erst in der Mitte des Coracoids an. Die ersten Fasern des Muskels entspringen von der Stelle des Coracoids, wo die Oeffnung, die zwischen der Clavicula und dem Coracoid besteht, ihren oberen dorsalen Winkel bildet — diese Stelle ist auf der Fig. 1, Taf. XXV mit *w* bezeichnet. Gehen wir nun der oralen Ursprungslinie weiter nach, so sehen wir, daß sie von der bezeichneten Stelle aus bis zur Verbindungsstelle des Coracoids mit dem Scapulare dem äußeren Rande des Coracoids fast parallel an einer Rauhhigkeit desselben verläuft; an der Verbindungsstelle des Coracoids mit dem Scapulare angelangt, überspringt der Ursprung des Muskels dieselbe, um noch mit einigen Fasern von dem Scapulare selbst zu entspringen. Verfolgen wir nun vom Punkt *w* die aborale Ursprungslinie des Muskels, so führt uns dieselbe in einer queren Richtung von hier aus zum äußeren Rande des Coracoids, wo sie ungefähr an der Abgangsstelle des äußeren Fortsatzes des Coracoids endet. In der Richtung der aboralen Ursprungslinie des Muskels zeigt das Coracoid eine durch Wölbung entstandene Vertiefung, wodurch natürlich eine Art von

einer Crista gebildet wird, die vom Muskel sodann als Ursprung benützt wird. Diese ganze Ursprungslinie des Muskels ist auf Fig. 1, Taf. XXV durch eine durchgezogene Linie markiert. Vor dem basalen Ende der Flosse geht der Muskel in eine ziemlich breite, starke Sehne über, die unter die Sehne des oben beschriebenen Musculus abductor superior pinnae thoracicae zu liegen kommt. Mit dieser Sehne setzt sich nun der Muskel an den Basalstücken an, also an Teilen des primären Flossenskelettes. Nur bei einigen Arten kommt es ab und zu vor, daß der Muskel teilweise auch an den einzelnen Strahlen Ansatz nimmt. Jedoch ist das jedenfalls eine sekundäre Erscheinung, und wie wir später aus der Funktion des Muskels erschen werden, ist als wesentlich und als die Hauptrolle spielendes bloß der Ansatz an den Basalstücken anzusehen. Die Sehne setzt sich an den der Flosse zugekehrten Enden der Basalstücke an. Eine Ausnahme von dieser Regel bilden bloß, wie es scheint, einige Siluroiden, wo der Muskel die Teile des primären Flossenskelettes als Ansatz benützt, die hinter den Basalstücken zu liegen kommen. Dies Verhalten bei einigen Siluroidenarten ist leicht aus dem Umstande erklärlich, daß — wie wir später sehen werden und wie auch schon GEGENBAUR in seiner Arbeit (1865) uns gezeigt hat — bei einigen Siluroiden die Verbindung zwischen den Basalstücken und dem Schultergürtel so straff ist, daß jegliche Bewegung ausgeschlossen ist. Die Bewegungen, die sonst eben durch diese Verbindung ausgeführt werden, sind bei solchen Arten auf die Verbindung zwischen den Basalstücken und den dahinter liegenden Teilen des primären Flossenskelettes verlagert, wodurch dann auch der Musculus abductor inferior pinnae thoracicae gezwungen wird, seinen Ansatzpunkt zu ändern, da ja sonst sein Vorhandensein überhaupt zwecklos wäre. Wir sehen also hier wieder ein gutes Beispiel der Anpassung eines Teiles an die Funktion des anderen. Wir wollen aber auf jeden Fall festhalten, daß an dem Ansatz dieses Muskels bei allen Arten der Randstrahl unbeteiligt verbleibt. Denken wir uns nun den Musculus abductor pinnae thoracicae in Tätigkeit versetzt, so sehen wir, daß er mit dem früher beschriebenen Muskel synergistisch wirkt. Jedoch durch seinen Ansatz an den tieferen Teil der Flosse kann er die ganze Flosse nicht nur zur Seite ziehen, sondern auch dieselbe niederziehen. Dadurch gelangt die Flosse noch leichter in die für den Fisch öfters vorteilhafte Lage, in der sie senkrecht zur Körperlänge des Fisches zu stehen kommt. Dieser Muskel wäre also ein Niederzieher.

Schon oben haben wir erwähnt, daß ein Fisch öfters fächernde Bewegungen mit seiner Flosse ausführt. Diese fächernde Bewegung wird nun von dem sekundären Teil der Brustflosse ausgeführt und zwar wird dieses möglich, da der sekundäre Teil der Brustflosse auf dem primären Teil derselben verschiebbar ist. Der sekundäre Teil oder die Strahlen gleiten sozusagen auf den Teilen des primären Flossenskeletts. Diese fächernden Bewegungen werden von der ventralen Seite aus durch den *Musculus abductor superior pinnæ thoracicæ* ausgeführt. Wenn wir nun die Funktion der beiden eben beschriebenen Muskeln kombiniert denken, so ist es eben möglich, daß auch in der senkrecht zur Körperlänge gerichteten Lage der Flosse noch diese fächernden Bewegungen ausgeführt werden. — Der dritte Muskel der ventralen Seite entspringt von der *Clavicula* und dem *Coracoid*. Diesen Muskel wollen wir als *Musculus abductor proprius* des Randstrahles bezeichnen. Verfolgen wir seine Ursprungslinie am Knochen, so sehen wir in der *Clavicularwölbung* eine längsverlaufende Leiste liegen. Diese Längsleiste ist bis zur Verbindungsstelle des *Coracoids* und des *Scapulare* mit der *Clavicula* verfolgbar. Diese Leiste wird nun in ihrem ganzen Verlauf als Ursprung für den oralen Teil des *Musculus proprius* des Randstrahles benutzt. Somit wäre die Ursprungslinie jenes Muskels von der oben erwähnten Verbindung bis zur medialen Verbindung beider Schultergürtel verfolgbar. Verfolgen wir nun von dieser medianen Verbindung der beiden Schultergürtel die aborale Ursprungslinie des Muskels, so läuft dieselbe an dem oberen *Coracoidealrande*, mit dem das *Coracoid* die oben erwähnte Oeffnung *r* (Taf. XXV, Fig. 1) begrenzt, um dann von dem schon oben erwähnten Punkt *w* an an einer Rauigkeit des *Coracoids* zu verlaufen, bis zu der Stelle, wo die Verbindung zwischen dem *Coracoid* und dem *Scapulare* mit der *Clavicula* stattfindet. Diese Ursprungslinie ist auf Taf. XXV, Fig. 1 durch strichpunktierte Linie gekennzeichnet. Den Muskel selbst in seinem vollen Verlauf zeigt uns wie Fig. 8, so auch Fig. 9 auf Taf. XXVI. Der Ansatz des Muskels beschränkt sich bei sämtlichen von mir untersuchten Arten auf den Randstrahl und zwar kommt derselbe auf das schon oben erwähnte *Tuberculum superius* des Randstrahles zu liegen. Von diesem Ansatz geht der Muskel in eine starke drehrunde Sehne über, die über der Gelenkverbindung des Randstrahles mit dem Schultergürtel zu liegen kommt. Dieser Muskel ist für uns von besonders großem Interesse, denn er zeigt uns, daß auch in der Beziehung der Muskulatur der Randstrahl

den übrigen Strahlen gegenüber der bevorzugte ist, — er besitzt eben, wie wir sehen, einen eigenen selbständigen Vorwärtszieher. Es liegt natürlich klar auf der Hand, daß schon auch durch diese Bevorzugung der Randstrahl eine viel größere Bewegungsfähigkeit besitzt, deutet andererseits aber auch darauf hin, daß auch in Bezug auf Gelenkverbindung der Randstrahl eine größere Selbständigkeit besitzen muß.

Durch die Tätigkeit dieses Muskels wird der Randstrahl nicht nur zur Seite, sondern auch nach unten gezogen und da dabei auch die Schwimmhaut, die den Randstrahl, wie auch die übrigen Strahlen miteinander verbindet, gespannt wird, so zieht der Muskel die Strahlen auseinander und man könnte somit den Muskel auch als Spreizer der Brustflosse bezeichnen, wie es auch MECKEL in seiner Arbeit „System der vergleichenden Anatomie“ (Halle 1828) tut. Nachdem wir uns nun mit den ventralen Muskeln der Brustflosse bekannt gemacht haben, möchte ich noch die Frage der Entstehung dieser Muskulatur aufwerfen. Was nämlich den *Musculus abductor superior pinnae thoracicae* und den *Musculus abductor inferior pinnae thoracicae* anbetrifft, so können wir schon nach den Ansätzen der beiden das Urteil fällen, daß der erstere ein sekundäres, der zweite dagegen ein primäres Gebilde ist. Aller Wahrscheinlichkeit nach hat sich der erstere durch Gliederung vom zweiten ausgebildet. Nicht so klar liegen die Verhältnisse beim *Musculus abductor propior* des Randstrahles. Betrachten wir uns jedoch die Verhältnisse näher, so müssen wir zu der Ueberzeugung gelangen, daß auch dieser Muskel, wenn er auch ein sekundäres Gebilde ist, eher der primären Muskulatur zuzurechnen ist. Als Beweise zu dieser Annahme sollen uns folgende Tatsachen dienen:

- 1) die tiefe Lage des Muskels,
- 2) daß die sekundäre Muskulatur durch den lateralen Fortsatz auch den Randstrahl in Mitleidenschaft zieht, und
- 3) daß der Ansatz dieses Muskels auf den Teil des Randstrahles zu liegen kommt, wo die Verwachsung des *Propterygium* mit dem Randstrahl stattgefunden hat.

Dieser Muskel ist also bloß ein seitlicher Teil des *Musculus abductor inferior pinnae thoracicae*, der bloß dank der Sonderstellung des Randstrahles seine Selbständigkeit erlangt.

Die dorsale Muskulatur besteht ebenfalls aus drei Muskeln, von denen jeder dem entsprechenden auf der ventralen Seite antagonistisch wirkt. Wir hätten dann somit einen oberflächlichen

Musculus adductor superior pinnae thoracicae und zwei tiefere, von denen der eine als Adductor inferior pinnae thoracicae, der andere orale als Adductor proprius des Randstrahles zu bezeichnen wäre.

An dem Ursprung des Musculus adductor superior pinnae thoracicae sind die Clavicula, das Coracoid und das bei den meisten Teleostiern dazukommende oben erwähnte Spangenstück beteiligt. Die ersten Fasern des Muskels entspringen von der Stelle, wo die Clavicula und das Scapulare sich durch eine Zackennaht verbinden. Weiter führt uns die Ursprungslinie einer Rauigkeit an der Clavicula entlang bis zu der Stelle, wo sich das Spangenstück ebenfalls durch eine Zackennaht mit der Clavicula verbindet. Ueber diese Verbindungsstelle hinweggehend, läuft die Ursprungslinie des Muskels auf dem Spangenstück entlang, bis zum andern Ende desselben, wo das Spangenstück mit dem Coracoid in Verbindung tritt. Nachdem auch diese Verbindungsstelle übersprungen wird, entspringen noch ein Paar Fasern auch vom Coracoid.

Diese Ursprungslinie des Musculus adductor superior pinnae thoracicae ist auf Taf. XXV, Fig. 2 durch eine punktierte Linie gekennzeichnet. Auch dieser Muskel geht nach dem basalen Ende zu in eine mit einzelnen Zipfeln versehene Sehne über. Mit dieser Sehne inseriert sodann der Muskel an den einzelnen dorsalen Fortsätzen der Strahlen. Jedoch ist hierbei der Randstrahl nicht beteiligt, da, wie wir ja schon wissen, sich an dieser Seite der Muskelfortsatz des Randstrahles zurückgebildet hat.

Die Funktion dieses Muskels ist genau die entgegengesetzte der des Musculus adductor superior pinnae thoracicae. Er zieht eben die Flosse zurück und nähert sie der Körperoberfläche. Er beteiligt sich natürlich auch bei der oben erwähnten fächernden Bewegung der Flosse des Fisches, denn diese Bewegung kommt ja eben aus den rasch abwechselnden aufeinanderfolgenden Bewegungen der beiderseitigen oberflächlichen Muskeln zustande. Nach der Wegnahme des Musculus adductor superior pinnae thoracicae kommen wir auf den vollen Verlauf der beiden tieferen Muskeln; ich sage vollen Verlauf, denn den oberen Teil dieser beiden Muskeln, deren Ursprung weiter von der Flosse zu liegen kommt, sehen wir auch, wenn der Musculus adductor superior pinnae thoracicae noch nicht weggedrängt ist, wie es auch Fig. 10 auf Taf. XXV uns zeigt, auf der eben erwähnte Muskel in seinem vollen Verlauf zu ersehen ist.

Der Musculus adductor inferior pinnae thoracicae zerfällt in zwei Teile, indem der erstere von der Clavicula, der zweite von

dem Spangenstück entspringt. Die Ursprungslinie des ersten Teiles liegt auf dem äußeren Clavicularrande und zwar ist dieselbe von der Stelle aus, wo sich das Spangenstück an die Clavicula anschließt, bis zur Oeffnung, die zwischen dem Coracoid und der Clavicula besteht (Oeffnung *r* auf Fig. 2, Taf. XXV) verfolgbar. Von hier aus zieht dieser Teil des Muskels zur Flosse hin, indem er unter dem Clavicularende des Spangenstücks hindurchtritt. Der andere Teil dieses Muskels entspringt von der untern innern Coracoidealfäche des Spangenstücks. Diese beiden Ursprungslinien des Muskels sind auf Fig. 2, Taf. XXV durch eine durchgezogene Linie markiert. Beide Teile des Muskels treten besonders deutlich dadurch hervor, daß zwischen ihnen der untere Teil des *Musculus adductor proprius* des Randstrahles zu liegen kommt. Die volle Vereinigung beider Teile ist überhaupt bloß in der Tiefe, also unter dem letzterwähnten Muskel, zu konstatieren. Die Lage dieses Muskels im Zusammenhang mit dem *Musculus adductor proprius* des Randstrahles zeigt uns am besten Fig. 11, Taf. XXVI.

Der Muskel setzt sich mit beiden Portionen an den Basalia an, es besteht jedoch hier meistens als eine sekundäre Erscheinung auch Beziehung der Ansatzsehne des Muskels zu den Strahlen, indem eben der Muskel hier und da auch sich an den Strahlen ansetzt. Der Randstrahl ist auch beim Ansatz dieses Muskels unbeteiligt. In funktioneller Hinsicht wirkt der Muskel synergistisch mit dem *Musculus adductor superior pinnae thoracicae*, bloß daß er durch seinen tieferen Ansatz imstande ist, die Flosse noch weiter zurückzuziehen und dieselbe auch noch in die Höhe emporzuziehen. Wir könnten also diesen Muskel als Heber der Flosse bezeichnen. Wenden wir uns nun dem dritten Muskel der dorsalen Seite zu.

Schon die Benennung des Muskels: „*Musculus adductor proprius* des Randstrahles“ zeigt uns, daß wir auch auf der dorsalen Seite einen Muskel antreffen, der speziell in Diensten des Randstrahles steht. Er stellt ebenfalls den Antagonisten des *Musculus abductor proprius* des Randstrahles dar. Auch seine Lage entspricht genau der des letztgenannten. Wir sehen nämlich, daß der *Musculus adductor proprius* des Randstrahles über die Oeffnung, die zwischen dem Coracoid und der Clavicula besteht, zu liegen kommt. Der obere Teil des Muskels entspringt, von der medianen Verbindung beider Schultergürtel ausgehend, von der vorspringenden Leiste, die wir an der Clavicula bemerkten, bis zu der Stelle, wo

basalwärts die Oeffnung *r* abgeschlossen wird. Der untere Teil dagegen läuft von der medianen Verbindung aus auf dem Coracoid und zwar auf der Leiste, die von der Verbindungsstelle des Spangensstücks mit dem Coracoid ausläuft. Außerdem müssen wir bemerken, daß diese Oeffnung *r* (Fig. 2, Taf. XXV) durch eine sehnige Membran überzogen wird, die somit eine Art „Membrana interossea“ bildet. Diese Membran wird ebenfalls von den tieferen Fasern des Muskels als Ursprung benutzt. Unter dem Spangensstück läuft der Muskel vollkommen frei hindurch, indem er sich der Wölbung anschmiegt, die das Spangensstück hier vor seiner Vereinigung mit dem Coracoid bildet. Mit einer drehrunden Sehne inseriert nun der Muskel an dem schon bei Beschreibung der Skelettteile erwähnten Tuberculum inferius des Randstrahles. Fig. 11 und 12 auf Taf. XXVI zeigt uns diesen Muskel in seinem vollen Verlauf. Fig. 2 auf Taf. XXV zeigt uns dagegen die genaue Ursprungslinie des Muskels am Knochen.

Wir haben schon oben gesagt, daß der *Musculus adductor proprius* des Randstrahles ein Antagonist von dem auf der ventralen Seite liegenden *Musculus adductor proprius* des Randstrahles ist; daher ist es auch ein leichtes, die Tätigkeit dieses Muskels zu bestimmen. Seine Aufgabe ist eben, den Randstrahl zurückzuziehen und so dem Körper des Tieres zu nähern. Außerdem zieht er den Randstrahl nach oben und kann bei einer gewissen Höhe der Kontraktion die Flosse in einer Weise spreizen, die gerade entgegengesetzt ist der, wie es sein Antagonist — der *Musculus abductor proprius* des Randstrahles — tut, indem er eben die Flosse nach oben zu spreizt, wogegen der letztere sie nach unten zu auseinanderzieht.

So wie wir hier die dorsale Brustflossenmuskulatur antreffen, verhält sie sich bei allen von mir untersuchten Arten konstant. Jedoch wissen wir, daß nicht alle Teleostierarten an ihrem Schultergürtel das Spangensstück besitzen. So z. B. von den von mir untersuchten Arten gehört der Hecht zu denen, die kein Spangensstück besitzen. Die Muskulatur verhält sich in solchen Fällen jedoch ebenso. Es sind wiederum drei Muskeln mit derselben Funktion, bloß daß die Muskeln, die das Spangensstück als Ursprung benutzen, auch nur vom Coracoid und der Clavicula entspringen, wobei das Coracoid hier auch entsprechend größer ausgebildet ist.

Für uns ist die Tatsache, daß die Muskulatur der Teleostier, die kein Spangensstück besitzen, sich ebenso verhält, wie die der mit Spangensstück ausgerüsteten Arten, von weittragender Bedeutung,

denn wir ersehen daraus, daß das Spangengstück nicht der Muskulatur sein Entstehen verdankt, sondern von derselben unabhängig ist.

Wir ersehen weiter daraus, daß das Spangengstück zur größeren Befestigung der Teile des Schultergürtels dient. Durch das Spangengstück wird nämlich, wie schon O. THILO in seiner umfangreichen Arbeit: „Die Umbildungen der Gliedmaßen der Fische“ bewiesen hat, das Scapulare gegen die Clavicula gestützt. Also wir sehen, daß hier wieder eine Vorrichtung getroffen wird, den gelenktragenden Teil des Schultergürtels möglichst fest zu gestalten.

Was die Entstehung der einzelnen Muskeln der dorsalen Seite anbetrifft, so verhält es sich hier ebenso, wie wir es schon an der ventralen Seite gesehen haben. Auch hier müssen wir annehmen, daß der *Musculus adductor superior pinnae thoracicae* ein sekundäres Gebilde ist, dagegen die zwei übrigen tiefer gelegenen Muskeln primär entstanden sind, wenn man natürlich auch hier den *Musculus adductor proprius* des Randstrahls als einen Sprößling des *Musculus adductor inferior pinnae thoracicae* betrachten muß.

Ueberblicken wir nun jetzt noch einmal die ganze Brustflossensmuskulatur der Teleostier, so müssen wir, wenn wir die Muskelverhältnisse bei Selachiern und den Ganoiden ins Auge fassen, konstatieren, daß die ganze Muskulatur der Teleostier viel mehr differenziert ist. Schon allein die Untersuchung der Muskulatur der Teleostier muß uns vermuten lassen, daß das Bewegungsvermögen der Knochenfische ein viel reicheres und komplizierteres ist. Insbesondere überrascht einen die genaue Abgrenzung einzelner Muskeln. Jeder Muskel läßt leicht auf seine funktionelle Aufgabe schließen. Außerdem muß uns die Ausbildung einer speziellen Muskulatur für den Randstrahl unwillkürlich auf den Gedanken bringen, daß derselbe eine Sonderstellung andern gegenüber einnimmt. Man kann leicht ersehen, daß es sich hier um Arbeitsteilung handelt. Denn nimmt der Randstrahl eine Sonderstellung ein, führt er freiere Bewegungen aus im Vergleich mit anderen, so ist die spezielle Muskulatur für denselben eine äußerst zweckmäßige Errungenschaft der Knochenfische.

Noch viel bedeutendere Angaben liefert uns die Muskulatur, wenn wir auch die Versorgung derselben mit Nerven einer Untersuchung unterziehen. Wenn wir nämlich die Nerven, die zur Versorgung dieser Muskulatur dienen, genau verfolgen, so sehen wir, daß aus den drei oder vier Nervenstämmen, die den Plexus brachialis bilden, einer stets seine Aeste nur an die zwei Muskeln des Rand-

strahles abgibt, wobei er, nachdem er an der obern Fläche den einen Muskel versorgt hat, durch das an dem Scapulare liegende Nervenloch (Taf. XXV, Fig. 2 O) zur unteren Fläche durchtritt und hier den anderseitigen Muskel des Randstrahls versorgt. Dieser Nerv tritt auch mit einem Ast in das später zur Besprechung gelangende Scapulare-Randstrahlgelenk. Wir sehen also, daß die Muskulatur des Randstrahls vollständig selbständig ist und das führt uns natürlich auch indirekt zu der Annahme, daß der Randstrahl eine große Selbständigkeit besitzt und daß er größere Aufgaben auszuführen hat als die übrigen. Diese Annahme wird noch weiter bestärkt, wenn wir nämlich die Verhältnisse bei *Trigla hirundo* uns ansehen. Wir wissen, daß bei *Trigla hirundo* drei Strahlen eine besondere Selbständigkeit erlangen und wenn wir die Muskulatur derselben untersuchen, so sehen wir, daß auch hier für jeden dieser drei Strahlen selbständige Muskeln ausgebildet sind. Und in der Arbeit von STANNIUS: „Peripheres Nervensystem der Wirbeltiere“ finden wir eine Angabe, danach diese speziellen Muskeln der fingerförmigen Organe der *Trigla hirundo* ausschließlich vom 3. Spinalnerven versorgt werden.

Gelenkverbindungen.

An den Gelenkverbindungen nimmt vor allem einerseits der primäre Schultergürtel, andererseits das primäre Flossenskelett teil. Die Ontogenese dieser Teile ist bereits von mehreren Forschern behandelt worden. So gibt uns z. B. SWIRSKI in seiner Abhandlung „Untersuchungen über die Entwicklung des Schultergürtels und des Skeletts der Brustflosse des Hechts“ (Dorpat 1880) über die ontogenetischen Vorgänge bei Bildung dieser Skeletteile ein klares Bild. Er zeigt an der Hand von genau durchgeführten Serienuntersuchungen, daß der primäre Schultergürtel und das primäre Flossenskelett des Hechtes ontogenetisch nicht nur miteinander sehr nahe verwandt sind, sondern auch aus einer einheitlichen Knorpelplatte hervorgehen, die erst weiterhin sich in die einzelnen Elemente des primären Schultergürtels, und in die einzelnen Basalia mit den hinter ihnen liegenden Teilen des primären Flossenskeletts differenziert. SWIRSKI sagt: „Die Extremitätenplatte steht mit dem Schultergürtel in kontinuierlichem geweblichen Zusammenhange.“ Zwar bemerkt er weiter, daß der Schultergürtel unverkennbar früher zur vollen Entwicklung gelange

als die Flosse, doch ist diese Differenz von keiner größeren Bedeutung. Hauptsache ist die einheitliche Anlage beider und diese ist auf Grund der Untersuchungen anderer Forscher auch für andere Teleostier nachgewiesen worden. Also erst durch eine sekundäre Gliederung ist die Gelenkverbindung von Schultergürtel und Basalia zustande gekommen, indem an der Stelle der Trennung zunächst eine Lockerung des Gewebes vor sich ging. Ueber diese histologische Veränderung des Knorpels finden wir auch Angaben bei SWIRSKI. Es tritt als Bindungsglied zwischen beiden Teilen Faserknorpel auf, der — wie leicht aus dem oben Gesagten zu ersehen ist — eine Umbildung aus dem anfänglichen Hyalinknorpel darstellt. Dieser intermediäre Faserknorpel bildete zunächst eine Synarthrose zwischen dem Schultergürtel und Basalia des Flossenskeletts und aus dieser Synarthrose ging weiterhin eine höhere Gelenkverbindung zwischen beiden hervor. Eine solche Umwandlung wird uns in vortrefflicher Weise von Prof. SEMON in seiner Abhandlung: „Zur vergleichenden Anatomie der Gelenkverbindungen der Wirbeltiere“ geschildert. Prof. SEMON geht in seiner Arbeit ebenfalls von der Synarthrose als der primitivsten Form aller Verbindungen aus. Er zeigt, daß eine Synarthrose entweder konstanter Besitz des Individuums bleibt oder den Ausgang für die neue Gelenkform bildet. Diese Umbildungen umfassen eben das Zwischengewebe der Synarthrose. Indem dies Zwischengewebe der Synarthrose seine Festigkeit verliert und allmählich hier und da Spalten im Gewebe auftreten, bilden sich einzelne Höhlen im Zwischenraum. Natürlich treten dieselben mehr im Zentrum des Zwischenraumes auf. An der Peripherie bleibt die kontinuierliche Verbindung vollständig intakt. Derartige Umbildungen führen nun zu Gelenkverbindungen, die Prof. SEMON als Periarthrosen bezeichnet. Periarthrosen sind eben Gelenkverbindungen, in denen schon von einer gewissen Gelenkhöhlung oder einem Gelenkspalt die Rede sein kann. Die Periarthrose ist somit ein Uebergangsstadium von einer Synarthrose zu einer Diarthrose. Prof. SEMON äußert sich in seiner Arbeit dahin, daß diese Höhlenbildungen durch den Umstand hervorgerufen werden können, daß von einer gewissen synarthrotischen Gelenkverbindung größere Tätigkeit verlangt würde. Er ist der Ansicht, daß im Kampfe ums Dasein primitiv angelegte Gelenkverbindungen eine höhere Stufe der Entwicklung erlangen können.

Betrachten wir an der Hand dieser Grundlage die Verhältnisse der Schulterflosse der Teleostier.

Verbindungen der Basalia mit dem Schultergürtel. Die Basalia verbinden sich teils mit dem Scapulare, teils mit dem Coracoid. Sowohl an ihnen, wie an den mit ihnen in Verbindung tretenden Knochen des Schultergürtels finden wir im entwickelten Zustande angepaßte Gelenkflächen. Die äußere Untersuchung zeigt ein straffes Gewebe, welches vom Periost des Schultergürtels auf den Periost der Basalia übergeht und diese einheitlich, nicht gesondert, mit dem Schultergürtel verbindet (Taf. XXVII, Fig. 14). Dies straffe Gewebe bildet eine ventrodorsal zusammengedrückte, eine breite ventrale und dorsale Fläche und einen schmalen oralen und aboralen Rand darbietende Scheide um die betreffende Stelle; oralwärts grenzt sie an die Gelenkkapsel des Randstrahles, ohne jedoch mit ihr in innige Beziehung zu treten.

Schneiden wir nun das äußere straffe Gewebe dorsal durch, so daß wir einen Einblick ins Innere der Gelenkverbindung erhalten, so finden wir folgendes: Zwischen dem Schultergürtel und den einzelnen Basalia besteht ein Zwischengewebe. Hierbei ist zwischen jüngeren und älteren Individuen zu unterscheiden. Bei kleinen jungen Fischen findet sich eine kontinuierliche innere Verbindung derselben, also eine Synarthrose, oder nach der SEMONSchen Nomenklatur ein Vollgelenk. Hat dagegen der Fisch ein älteres, mehr entwickeltes Stadium erreicht, so existieren im Innern des Gelenkes einzelne Lücken und Spalten, das Zwischengewebe nimmt eine Art von Netzgestalt an, indem sich einzelne Züge desselben in netzförmiger Weise von einem Skeletteil zum andern hinüberziehen. Namentlich treten diese Lücken und Spalten besonders stark im zentralen Teil auf, während gegen die Ränder zu die kontinuierliche Verbindung überwiegt, bis endlich das Zwischengewebe in die schon oben erwähnte äußere, in den Periost beider Teile übergehende periphere Scheide ausläuft.

Wir sehen hier also deutlich die Idee, die Prof. SEMON in seiner Arbeit ausgesprochen hat — daß nämlich infolge von Ausführung größerer Bewegungen auch die Art der Gelenke sich ändert — bei den Teleostiern bewiesen.

Ein junges Individuum stellt lange nicht die Anforderung an seine Gelenkverbindungen wie ein im Kampfe ums Dasein stehendes, vollentwickeltes Tier. Kurz, wir sehen, daß der Uebergang von der Synarthrose zur Periarthrose unter erschwerten Lebensverhältnissen leicht vor sich geht; ich bezeichne diese weiterentwickelte Form der Verbindung als Periarthrose, da dieselbe in ihrer vollen Reife vollkommen mit der Auffassung einer Periarthrose

übereinstimmt. Wir werden später auch die Gelegenheit haben, zu sehen, daß auch eine Diarthrose sich auf ähnlichem Wege von primären Formen ableiten läßt. Taf. XXVII, Fig. 13 zeigt uns dies Gelenk zwischen den Basalia und dem Schultergürtel in seiner zur vollen Reife gelangten Gestalt. Der periphere gewebliche Zusammenhang ist von oben her der Länge nach durchgetrennt und wir haben somit hier die Möglichkeit, auf der Skizze die Verhältnisse auch im Innern des Gelenkes uns anzusehen. Wir sehen hier eben das Zwischengewebe in netzförmiger Weise von dem Schultergürtel zu den Basalia herüberziehen, ebenfalls sehen wir, daß sich, wie schon oben erwähnt, wie an den Basalia so auch an dem Schultergürtel primitive Gelenkpfannen ausgebildet haben.

Es sei aber schon gleich hier erwähnt, daß diese Gelenkverbindung zwischen den Basalia und dem primären Schultergürtel als konstant für fast alle von mir untersuchten Arten angenommen werden darf. Jedoch finden wir auch eine Ausnahme von diesem in der Regel konstanten Verhalten, und zwar zeigen diese Ausnahme einige der Cyprinoiden, so z. B. der Karpfen und *Barbus fluviatilis*, wir finden auch bei diesen die ersten drei Basalia aboralwärts gerechnet ebenso mit dem Schultergürtel verbunden, wie oben geschildert wurde, dagegen weicht das vierte Basale von der Regel ab. Dies vierte Basale ist das Skelettstück, welches wir in der Arbeit von GEGENBAUR (1865) als *Metapterigium* bezeichnet finden. Es ist auch bei allen von mir untersuchten Arten das ansehnlichste von allen übrigen Basalia. Bei Cyprinoiden dagegen finden wir es ziemlich stark zurückgebildet und die Verbindung dieses Basale ist hier viel primitiver, als es sonst in der Regel ist; wir sehen nämlich, daß dies Basale hier einfach syndesmodisch mit dem Coracoid verbunden ist. Und zwar dient zu dieser Verbindung ein Teil der oben erwähnten peripheren Scheide; nachdem dieselbe nämlich den übrigen drei Basalia als Gelenkkapsel sozusagen gedient hat, geht aus ihrem aboralen Ende ein straffes Band hervor, das die Verbindung herstellt. Wenn wir uns nun nach dem Grunde dieses Sichzurückbildens fragen, so glaube ich, daß wir die richtige Antwort treffen, wenn wir den Grund zu diesem Verhalten darin erblicken, daß gerade diese Teleostierart diejenige ist, bei der zuerst die großen Umbildungen am Randstrahle zu erblicken sind und daß dadurch eben die übrigen Teile in ihrer Entwicklung mehr oder weniger vernachlässigt wurden. Wir haben schon oben gesehen, daß die ersten primitiveren Umbildungen des Randstrahles bei den Cyprinoiden zu konstatieren

sind, dagegen bei andern Arten sehen wir nur weitere Ausbildungen der bei den Cyprinoiden festgelegten Gestalt des Randstrahls. Und daß das Verhalten des vierten Basale bei den Cyprinoiden eine Rückbildung ist, ersehen wir am besten daraus, daß das entsprechende Basale schon eine bedeutend höhere Stufe der Entwicklung bei den Ganoiden erreicht hat.

Wenn wir nun diese Gelenkbildungen verlassen, so wollen wir uns jetzt weiter zu der, welche hinter der eben beschriebenen Verbindung zu liegen kommt, wenden.

Verbindung der Basalia mit den distal von ihnen gelegenen Skeletteilen der primären Flosse. Wir wollen hier zunächst unsere Aufmerksamkeit auf das Verhalten der distal von den Basalia liegenden Skeletteilen der primären Flosse zu dem sekundären Flossenskelett lenken. Dieses ist für uns insoweit gerade jetzt von Wichtigkeit, als daß wir dadurch erst uns Klarheit verschaffen, wie diese bei vielen Teleostierarten außerordentlich kleinen Gebilde zu einer Gelenkverbindung mit den verhältnismäßig großen Basalia gelangen. Diese Teile des primären Flossenskelettes werden zwischen die Muskelfortsätze der Strahlen aufgenommen. Sie kommen in die Rinne zu liegen, die durch die Strahlen am basalen Ende der Flosse gebildet wird; und nun werden diese kleinen Skeletteile in dieser Rinne durch Bandverbindungen mit den einzelnen Strahlen festgehalten, so daß eine gelenkartige Bewegung zwischen den Strahlen und diesen Teilen der primären Flosse nicht stattfindet. Die ziemlich straffe Bandverbindung gestattet bloß eine Verschiebung der Strahlen auf der primären Flosse. Wir haben schon bei der Beschreibung der Muskulatur und ihrer Funktion Gelegenheit gehabt, von einer solchen Verschiebung oder einem Gleiten der Strahlen auf der primären Flosse zu sprechen. Durch diese straffe Bandverbindung werden die kleinen Teile somit zu einem Ganzen verbunden. Man könnte dies Verhalten mit dem der Carpalknochen der höheren Wirbeltiere vergleichen. Wie diese durch straffe Bänder miteinander verbunden sind, um zusammen hier und da eine gemeinschaftliche Gelenkfläche zu bilden, so ähnlich verhalten sich hier diese kleinen Teile der primären Flosse. Durch Bänder mit Strahlen verbunden, sind sie innig aneinandergelockt, und so festgehalten bilden sie nach ihrem basalen Ende zu eine Art von Gelenkfläche, der anderseits einzelne Gelenkflächen am peripheren Ende der Basalia entsprechen. Erst nach dieser Feststellung können wir uns richtig eine Möglichkeit der Verbindung zwischen diesen Teilen und den Basalia vorstellen.

Diese Verbindung zeigt denselben Charakter, wie wir es bei der Verbindung der Basalia mit dem Schultergürtel kennen gelernt haben. Jedoch finden wir bei dieser Verbindung bei den meisten Teleostiern keinen Uebergang von der reinen Synarthrose zur Periarthrose. Diese Verbindung ist sehr straff und läßt fast bei allen Arten nur äußerst geringe Bewegungen zu. Wie wir aus der Fig. 13 (Taf. XXVII) ersehen, läuft auch hier eine ähnliche periphere Scheide von den einzelnen Komponenten der Verbindung herüber.

Eine Ausnahme bilden in Bezug auf diese Verbindung bloß einige Siluroiden. Schon oben haben wir erwähnt, daß bei einigen Siluroiden die Tätigkeit, die sonst bei allen Arten der Verbindung zwischen den Basalia und dem Schultergürtel zufällt, auf die Verbindung der Basalia, mithin distal von denselben liegenden Teilen der primären Flosse übertragen wird. Die Folge davon ist natürlich, daß diese letztere Verbindung bei diesen einzelnen Knochenfischen weiter entwickelt ist. Wir können hier den Uebergang von Synarthrose zur Periarthrose ebenso konstatieren, wie wir es früher bei der Verbindung der Basalia mit dem primären Schultergürtel getan haben. Dagegen bleibt die Verbindung der Basalia mit dem primären Schultergürtel auf ihrem primitiven Zustande bei diesen Arten bestehen, oder diese Verbindung bildet sich noch weiter zurück, bis wir bei einigen Siluroiden die Basalia mit dem Schultergürtel verwachsen antreffen. Auch hier sehen wir deutlich, daß infolge verschiedener Lebensverhältnisse ganz abnorme lokale Bildungen zu stande kommen.

Verbindung des Randstrahles mit dem Schultergürtel (Scapulare). Sie ist die interessanteste Gelenkverbindung.

Zuvor mögen einige biologische Verhältnisse betreffend diese Verbindung mitgeteilt werden. Gerade die Gliedmaßen der Fische sind im weitesten Sinne von den Lebensverhältnissen und den Leistungen, die von den Tieren verlangt werden, abhängig. Es ist eine unbestrittene Tatsache, daß z. B. die paarigen Extremitäten der Fische vor allem Schwimmorgane sind, also Organe, die zur Fortbewegung nach Art von Rudern dienen. Sie besitzen aber eine noch viel ausgedehntere Tätigkeit. Auf diese verschiedenen Formen von Tätigkeit und Aufgabe, die an die Extremitäten gestellt werden, ist neuerdings vielfach in der Literatur hingewiesen worden. O. THILO beschäftigt sich genau mit diesen Fragen. Auch in der schon oben erwähnten Arbeit von FIEBIGER finden wir Angaben hierüber.

Vor allem zeigen sämtliche Knochenfische das Bestreben, ihre Extremitäten so zu gestalten, daß sie dieselben nicht nur als Steuer- oder Schwimmapparat benutzen können, sondern auch durch dieselben auf dem Meeres- oder Flußboden sich fortbewegen können. Das beste Beispiel hierfür bietet uns z. B. die Fischart *Trigla hirundo*; wir sehen, daß sich hier an der vorderen Extremität des Fisches ganz besondere Organe aus den früheren Strahlen ausgebildet haben — die sogenannten fingerförmigen Organe. Mit diesen Organen ausgerüstet, sehen wir den Fisch auf dem Meeresboden einfach dahinkriechen.

Aber auch Knochenfische, die ähnlicher Organe entbehren, bewegen sich ganz gut zwischen Pflanzen und Steinen des Bodens vorwärts, und wie die Erfahrung uns lehrt, wird hierzu in erster Linie der besonders günstig dazu ausgebildete Randstrahl benutzt. Wir haben oben schon einmal erwähnt, daß man leicht beim lebenden Fisch bemerken kann, daß er den Randstrahl unabhängig von den übrigen Strahlen bewegen kann und auch umgekehrt. Dank diesem Umstande ist es möglich, daß die Fische sich durch Abstoßung mit dem Randstrahl von den Pflanzen und Steinen und durch die oben schon erwähnte fächernde Bewegung der übrigen Flossen allmählich sich auf dem Boden weiter bewegen. Von einigen brasilianischen Welsen berichtet z. B. O. THILO, daß sie, auf ihre Brustflosse gestützt, sogar übers trockene Land von einem Tümpel zum anderen wandern können.

Jedem, der sich mit der Fischerei beschäftigt hat, wird aufgefallen sein, daß manche Fische, wie z. B. die Forelle, Lachs und auch andere eine enorme Gewandtheit im Springen erreichen. Oefters habe ich z. B. Gelegenheit gehabt, zu sehen, wie eine Bachforelle, wenn sie vor einen Widerstand gelangte, aus dem Wasser emporschnellte durch ein starkes Sichkrümmen, um dann bisweilen ein paar Meter zu überspringen und sich dann wieder ins Wasser nieder zu lassen. Hierbei werden, was schon von Fachmännern wie auch von Männern der Wissenschaft festgestellt worden ist, die Brustflossen stark ausgespreizt und gleich Fallschirmen ausgespannt. Wir sehen also, daß hier wiederum den Extremitäten eine ganz besondere Tätigkeit zukommt. Von den sogenannten fliegenden Fischen wird berichtet, daß sie dank ähnlicher Vorrichtung in Distanzen bis zu 400 m durch die Luft schießen. Wir sehen also, daß die Extremitäten zu den verschiedensten Arten der Fortbewegung benutzt werden; jedoch ist auch das noch nicht die volle Aufgabe, die an die Flossen der

Knochenfische gestellt wird. Wir sehen vielmehr, daß dieselben Brustflossen der Knochenfische auch zum dauernden Festhalten an verschiedenen Gegenständen benutzt werden. Manche Knochenfische können z. B. längere Zeit sich an ein und demselben Ort aufhalten, indem sie sich entweder durch die ganze Brustflosse an einem Gegenstand festklammern, oder auch hier leistet wieder der Randstrahl allein diese Aufgabe, indem er sich an Steinen oder Pflanzen festhält.

Auch beim Schwimmen hat der Randstrahl keine leichte Aufgabe. Wir haben schon aus seinem Bau ersehen können, daß er der stärkste von allen ist und der Grund hierfür liegt darin, daß er, wie beim Schwimmen, so auch bei anderen Bewegungen dem größten Widerstand ausgesetzt ist. Z. B. beim Schwimmen ist er mit seiner Seitenfläche meistens gegen den Strom gerichtet und schützt somit den übrigen Teil der Flosse vor der zerstörenden Kraft des Stromes. Der übrige Teil seinerseits ist dann viel leichter imstande, die Steuerfunktionen auszuführen.

Endlich sehen wir, daß der Randstrahl der Flosse bei einigen Formen direkt den stachelartigen Charakter annimmt und dann nicht selten als Waffe dient. Hierüber finden wir nähere Angaben in der schon genannten Arbeit von O. THILO (1896).

Auch die von mir untersuchten Knochenfische zeigen, wie wir weiter sehen werden, in vielen Einrichtungen den allmäßlichen Uebergang eines Randstrahles in einen Stachel. Auf jeden Fall ersehen wir aus diesen biologischen Betrachtungen, daß der Randstrahl sich erstens ein größeres Bewegungsvermögen erworben hat und zweitens ist das Bestreben der Fische, ihren Randstrahl in einer bestimmten Lage festzuhalten, nicht zu verkennen.

Und nun wollen wir sehen, durch welche Umbildungen der Randstrahl sich das größere Bewegungsvermögen erworben hat und endlich, was es für Vorrichtungen sind, durch die der Fisch imstande ist, den Randstrahl in einer bestimmten Lage dauernd festzuhalten.

Wir haben schon gesehen, daß der gelenktragende Teil des Randstrahles dem primären Flossenskelett angehört, also hat sich auch diese Verbindung ontogenetisch ebenso ausgebildet durch Trennung von einer gemeinsamen Anlage, wie auch die zwischen den Basalia und dem primären Schultergürtel. Wenn also diese Scapulare-Randstrahlverbindung auch bei entwickelten Individuen eine höhere Stufe erreicht hat, so verdankt sie das ausschließlich den oben erörterten Umständen, die dem Randstrahl seine außer-

ordentliche Stellung verliehen haben. Schon bei der Skelettbeschreibung haben wir gesehen, daß sich am basalen Ende des Randstrahles eine regelrechte Gelenkfläche ausgebildet hat, die mit Leichtigkeit auf eine Sattelform schließen läßt. Wenn wir das Scapulare-Randstrahlgelenk bei den Knochenfischen in vollständig entwickeltem Zustande untersuchen, so finden wir stets, daß sich dasselbe wie eine Diarthrose verhält. Wir können leicht an diesem Gelenk alle Merkmale finden, die eine Verbindung zur Diarthrose stempeln. Wir haben hier eine vollkommene Gelenkkapsel, einen von jeglichem Zwischengewebe freien Gelenkspalt und die beiden Gelenkflächen zeigen auch bei der genauesten mikroskopischen Untersuchung ihren reinen hyalin-knorpeligen Charakter. Also ist hier die Entwicklung noch weiter geschritten, denn eine primäre Synarthrose müssen wir auch hier annehmen. Denn es ist wohl gänzlich ausgeschlossen, daß Gebilde, die so nahe verwandt sind wie der gelenktragende Teil des Randstrahles und die Basalia, einen grundverschiedenen entwicklungsgeschichtlichen Gang durchmachen.

Wenn wir uns näher mit dieser Frage befassen, so finden wir auch die Bestätigung unserer Annahme. Wenn wir nämlich einen ganz jungen Fisch, etwa von $1\frac{1}{2}$ —2 cm Körperlänge, auf die Scapulare-Randstrahlverbindung untersuchen, indem wir so einen kleinen Fisch in mikroskopische Serien zerlegen, so finden wir, daß in diesem Alter diese Verbindung noch sehr gut ihre ursprüngliche Beschaffenheit zeigt. Wir sehen nämlich auf so einem Serienschnitt, daß die Gelenkhöhle noch nicht ganz frei von Zwischengewebe ist, vielmehr ziehen durch dieselbe einzelne Fasern des Zwischengewebes, und je jünger das Individuum ist, desto mehr Reste des Zwischengewebes können wir in der Gelenkhöhle konstatieren. Einen ähnlichen Schnitt zeigt Fig. 14 auf Taf. XXV. Hier zieht ein Faserzug durch die Gelenkhöhle hindurch. Jedoch fällt es einem leicht ins Auge, wenn man diesen Zug mit dem seitlichen Kapselgewebe vergleicht, daß die Zellen des in der Gelenkhöhle liegenden Faserzugs stark zusammengedrückt und in die Länge gezogen sind. Dieser Umstand zeigt uns, daß durch ausgiebigere Bewegungen, die von dem Randstrahl ausgeführt werden, das Zwischengewebe gepreßt wird und auf diesem Wege allmählich verschwindet, bis wir endlich bei einem vollständig entwickelten Fisch mit einer reinen Diarthrose zu tun haben. Die Periarthrose ist also eine Zwischenstufe zwischen Syn- und Diarthrose, anderseits können wir jetzt den Satz aufstellen: Je größer

und mannigfaltiger das Bewegungsvermögen eines Skeletteiles ist, eine desto höhere Form erlangt das Gelenk. Die Gelenkflächen des Scapulare-Randstrahlgelenkes erfahren ebenfalls eine höhere Entwicklung, und es ist leicht begreiflich, daß hierbei gerade die Sattelform zur Ausbildung gelangt. Die Sattelform ist ja gerade diejenige, durch die der Randstrahl am besten die Möglichkeit erlangt, nicht nur die einfachen Streck- und Beugebewegungen auszuführen, sondern auch in der zweiten Achse des Gelenkes die so überaus wichtige seitliche Bewegung auszuführen, durch die er sodann die ganze Flosse spreizen und ausspannen kann. Fig. 13 auf Taf. XXVII zeigt uns das Scapulare-Randstrahlgelenk mit oben aufgeschnittener Gelenkkapsel. Hier sehen wir deutlich, daß es sich um eine echte Diarthrose handelt. Es wurde auch noch ein Präparat hergestellt, auf dem wir das Gelenk in der Längsachse der Skeletteile beschnitten sehen. Dies Präparat ist auf Fig. 15, Taf. XXVII abgebildet. Nach dieser Zeichnung können wir leicht feststellen, daß es sich hier um eine sattelförmige diarthrotische Verbindung handelt. Das Präparat wurde in der Weise hergestellt, daß die ganze Flosse und der Schultergürtel mit einer ganz feinen Säge in der Längsrichtung der Flosse durchsägt wurde und daß der Knorpel nach einer besonderen Färbemethode überall gekennzeichnet wurde. Bei sämtlichen Knochenfischen, die auf diese Verbindung von mir untersucht wurden, gelang es mir nachzuweisen, daß bei vollentwickelten Fischen diese Verbindung stets diarthrotisch ist und daß das Gelenk sattelförmig gestaltet ist.

Eine merkwürdige, aber äußerst interessante Sonderstellung zeigt in dieser Beziehung der *Hypoglossus vulgaris*. Wir sehen nämlich, daß bei diesem Fisch im Scapulare-Randstrahlgelenk eine Art von Meniskus vorhanden ist, die dazu dient, die Gelenkfläche des Randstrahls der des Scapulare anzupassen. Durch längere Untersuchungen dieses Gelenkes bin ich zur Annahme gelangt, daß dieser Meniskus aus dem ontogenetisch bestehenden Zwischengewebe sich ausgebildet hat. Im übrigen verhält sich das Gelenk auch bei diesem ziemlich abseits stehenden Individuum identisch mit dem oben beschriebenen.

Somit hätten wir nun die erste Aufgabe — welche Umänderungen es sind, die dem Randstrahl das größere Bewegungsvermögen verleihen — gelöst. Der Randstrahl, an den durch den Kampf ums Dasein größere Aufgaben gestellt werden, erreicht eben die diarthrotische Gelenkverbindung und wird dadurch in die vor-

teilhafte Lage versetzt, in einem zweiachsigen Gelenk seine Bewegungen auszuführen.

Schon am Anfang der Arbeit ist darauf hingewiesen worden, daß nicht alle Randstrahlen in der gleichen Entwicklungshöhe sich befinden. Als erste und zugleich eingreifende Einrichtung zum Zweck des Festhaltens des Randstrahles in einer bestimmten Lage ist natürlich die Ausbildung einer eigenen speziellen Muskulatur für den Randstrahl, die in ihrer Tätigkeit von den übrigen Brustflossenmuskeln unabhängig ist. Diese Einrichtung treffen wir, wie schon oben gesagt, bei allen Knochenfischen an. Allein hat es sich gezeigt, daß im Laufe der Zeit diese Vorrichtung nicht genügend ist, denn bei einer eintretenden Ermüdung dieser Muskeln fällt diese Vorrichtung naturgemäß weg. Daher sehen wir an verschiedenen Randstrahlen der Knochenfische Vorrichtungen getroffen, durch die das Ziel ohne anstrengende Tätigkeit der Muskeln erreicht wird. Am Randstrahl der Cyprinoiden konnte man dergleichen Vorrichtungen nicht finden. Dagegen zeigt schon der Lachs eine sehr zweckmäßige Einrichtung in dieser Hinsicht. Wir haben schon beim Besprechen des Skelettgerüsts der Randstrahlen darauf hingewiesen, daß beim Lachs die untere seitliche Fläche der sattelförmigen Gelenkpfanne des Randstrahls bedeutend höher ist als die obere. Wenn wir nun bedenken, daß diese untere Fläche fest von unten her sich dem Scapulare anlegt und dabei beim Aufrichten des Strahles an dem Scapulare bergabgleitet, dagegen beim Niederlegen desselben bergauf, so müssen wir uns sagen, daß hier die Natur wieder eine außerordentlich zweckmäßige Einrichtung getroffen hat. Stellen wir uns vor, daß der Randstrahl durch seinen Muskel aufgerichtet wird, so braucht nun der Muskel nicht die ganze Zeit in gespanntem Zustande zu verharren, da ja das Niederlegen des Randstrahls durch äußere Gewalten, wie Strom und dergleichen, unmöglich wird, da die untere Fläche der Gelenkpfanne fest gegen das Scapulare gestützt ist und nicht so leicht heraufrutschen kann, da die beiden Knochen sich gegenseitig stark hemmen. Um ein geringes ist diese Einrichtung bei den Siluroiden fortgeschritten, wo sich, wie wir schon oben bei der Skelettbeschreibung gesehen haben, die untere Fläche der sattelförmigen Gelenkpfanne direkt zu einem Hemmfortsatz ausgebildet hat, der ebenso, wie oben beschrieben, gegen das Scapulare sich stützt. Dazu kommt noch eine sekundäre Verbindung mit der Clavicula, die ebenfalls das Niederlegen des Randstrahls in großem Maße verhindert. Diese Einrichtungen zeigen uns aber auch zugleich das oben erwähnte

Bestreben der einzelnen Randstrahlen, in Stacheln überzugehen. So kann man z. B. die Randstrahlen vieler Siluroiden vollkommen als Stachel auffassen. Also wir sehen, daß auch in dieser Beziehung zweckmäßige Vorkerhungen von der Natur getroffen werden. Es kommt eben durch verschiedene Lebensverhältnisse eine ganze Hemmvorrichtung zustande.

Gedenken wir noch einmal dessen, was wir oben von der Lebensart der Fische und den Aufgaben, die an die Extremitäten und speziell an die Randstrahlen der Knochenfische gestellt werden, gesehen haben, so wird uns die Beantwortung der letzten Frage — welchen Umständen verdanken diese lokalen Umbildungen, die wir hier bei den Knochenfischen angetroffen haben, ihre Entstehung —, ziemlich leicht. Nachdem wir eben eingesehen haben, wie notwendig und andererseits wie zweckmäßig diese Einrichtungen sind, müssen wir sagen, daß die Entstehung all dieser Umbildungen ihren Ausgangspunkt und den berechtigten Grund im Kampfe ums Dasein haben. Alle diese Einrichtungen sind aus Anpassung an die gegebenen Lebensverhältnisse entstanden.

Ergebnisse.

I. Skelettgerüst.

a) Am primären Schultergürtel der meisten Teleostier bildet sich neben dem Coracoid und dem Scapulare ein besonderer Knochen aus — das Spangenstück. Dasselbe dient der größeren Befestigung des gelenktragenden Teiles des Schultergürtels.

b) Das Propterygium der primären Brustflosse wird vom Randstrahl so umwachsen, daß es schließlich mit ihm ein einheitliches Skelettstück darstellt. Hierdurch gelangt ein dem Schultergürtel ursprünglich ganz fremdes sekundäres Skelettgebilde mit demselben in Artikulation.

c) Von den Basalia ist das Metapterygium bei allen Teleostiern das stärkste. Eine Ausnahme bilden die Cyprinoiden, wo sich das Metapterygium stark zurückbildet.

d) Der Randstrahl zeigt durch bei verschiedenen Arten auftretende Hemmvorrichtungen die Tendenz, in einen Stachel überzugehen.

e) Dabei wird der Randstrahl als Gehwerkzeug, Bewegungs- und Festhaltungs-Organ benutzt. Bei voller Umbildung eines Rand-

strahls in einen Stachel wird derselbe zur Waffe, so bei einem Siluroiden.

II. Muskulatur.

a) Dieselbe zeigt bei den Teleostiern eine bedeutend größere Differenzierung als bei den Ganoiden.

b) Die Ausbildung einer speziellen Muskulatur für den Randstrahl zeigt unverkennbar das Bestreben einer Arbeitersparnis. Wir sehen darin eine zweckmäßige Arbeitsteilung zum Ausdruck gebracht.

c) Diese spezielle Muskulatur des Randstrahles ist die primitivste Einrichtung, die zum Festhalten des Randstrahls in einer bestimmten Lage dient.

III. Gelenkverbindungen.

a) Bei Gelenkverbindungen, die durch Trennung der Skeletteile aus einer gemeinschaftlichen Anlage entstehen, kommt zunächst eine Synarthrose zur Ausbildung.

b) Diese primitive Synarthrose kann sich allmählich zu den höchsten Gelenkformen — der Diarthrose — durch successives Schwinden des Zwischengewebes ausbilden.

c) Die Zwischenstufe zwischen Synarthrose und Diarthrose bei dieser Umbildung bildet die Periarthrose (Prof. SEMON).

d) Diese Umbildungen von den primitiveren Gelenkformen zu den höheren werden durch anstrengende Tätigkeit und besondere Bewegungen, z. B. grabende, kriechende, die von den betreffenden Gelenkverbindungen geleistet werden müssen, hervorgerufen.

IV.

Für alle diese höheren Differenzierungen in den Muskeln, Skeletteilen und Gelenken bilden die speziellen Lebensverhältnisse die *causae efficientes*. Sie sind im Kampfe ums Dasein entstanden.

Auch an dieser Stelle möchte ich nicht unterlassen, meinen tiefgefühlten und bleibenden Dank Herrn Prof. Dr. F. MAURER in Jena auszusprechen, unter dessen Leitung ich die ersten Schritte in meinen Untersuchungen getan habe. Ferner danke ich Herrn Professor Dr. W. LUBOSCH für vielseitige Unterstützung während der Bearbeitung meines Themas, wie auch für das mir in Jena

zur Verfügung gestellte Material und für die Einführung in die mikroskopische Technik.

Ebenso möchte ich Herrn Prof. Dr. E. GÖPPERT für seine freundlichen Ratschläge und das mir zur Verfügung gestellte Material meinen aufrichtigsten Dank sagen.

Außerdem spreche ich hier meine aufrichtigste Dankbarkeit meinem Onkel TH. PSYCHLAU aus für die mir in reichem Maße während meiner Arbeit zugedachte materielle Unterstützung.

Literaturverzeichnis.

- BERNAYS, A., Die Entwicklungsgeschichte des Kniegelenkes des Menschen, mit Bemerkungen über die Gelenke im Allgemeinen.
- BRAUS, H., Die Entwicklung der Form der Extremitäten und des Extremitätenskelettes. Handb. der vergl. und experim. Entwicklungslehre der Wirb. von O. HERTWIG, 1906, Bd. III.
- BLOCH, Oekonomische Naturgeschichte der Fische Deutschlands.
- CUVIER, G., Leçons d'anatomie comparée, Paris 1799—1805.
- FIEBIGER, S., Ueber die Bauchflossen der Gobii. Anatom. Anzeiger, Bd. XXVII, 1905.
- GEGENBAUR, C., Untersuchungen zur vergleichenden Anatomie der Wirbeltiere, Leipzig 1865.
- Grundzüge der vergleichenden Anatomie, 1870.
- Grundriß der vergleichenden Anatomie, 1874.
- Vergleichende Anatomie der Wirbeltiere, 1898.
- GÜNTHER, Ichthyologie.
- HERTWIG, O., Ueber das Hautskelett der Fische. Morphologisches Jahrbuch, 1876, Bd. II.
- MECKEL, J. F., System der vergleichenden Anatomie, Halle 1828.
- OWEN, R., Anatomy of Vertebrates, London 1866—1868.
- SEMON, R., Zur vergleichenden Anatomie der Gelenkverbindungen bei den Wirbeltieren.
- STANNIUS, Das periphere Nervensystem der Fische, Rostock 1849.
- SWIRSKI, Untersuchung über die Entwicklung des Schultergürtels und des Skeletts der Brustflosse des Hechts. Inaug.-Diss. Dorpat, 1880.
- THILO, O., Die Sperrgelenke an den Stacheln einiger Welse, des Sticlings und Einhorns. Inaug.-Diss. Dorpat, 1879.
- Die Umbildungen an den Gliedmaßen der Fische. Morphologisches Jahrbuch, Bd. XXIV, 1896.
- VOGT und JUNG, Lehrbuch der praktischen vergleichenden Anatomie, 1888—1889, Bd. II.

Erklärung der Abbildungen.

Abkürzungen, die für sämtliche Abbildungen gemeinsam sind.

<p><i>Clav</i> Clavicula. <i>Cor</i> Coracoid. <i>Sc</i> Scapulare. <i>X</i> Spangenstein.</p>		<p><i>O</i> Nervenloch im Scapulare. <i>G</i> Gelenkflächen. <i>R</i> Randstrahl.</p>
---	--	---

Tafel XXV.

Fig. 1. Schultergürtel eines *Salmo salar*, von der ventralen Seite gesehen. Ursprungslinie des *Musculus abd. sup. p. th.* Ursprungslinie des *Musculus abd. prop. d. R.* Ursprungslinie des *Musculus abd. inf. p. th.*

Fig. 2. Schultergürtel eines *Salmo salar* von der dorsalen Seite gesehen. Ursprungslinie des *Musculus add. sup. p. th.* Ursprungslinie des *Musculus add. prop. d. R.* Ursprungslinie des *Musculus add. inf. p. th.*

Fig. 3. Mittelstrahl aus der Flosse einer *Alosa vulgaris*. Vergr. 2 : 1.

Fig. 4 A. Randstrahl eines *Barbus fluviatilis* von oben. Vergr. 3 : 1.

Fig. 4 B. Randstrahl eines *Barbus fluviatilis* von der aboralen Seite. Vergr. 3 : 1.

Fig. 5. Randstrahl eines *Salmo salar* von vorn. Vergr. $1\frac{1}{2} : 1$.

Fig. 6. Randstrahl eines Siluroiden von vorn. Vergr. 3 : 1.

Fig. 14. Mikroskopisches Bild vom Scapulare-Randstrahlgelenk eines *Barbus fluviatilis*. Vergr. 250 : 1.

Tafel XXVI.

Fig. 7. *Musculus abd. sup. p. th.* von *Salmo salar*.

Fig. 8. *Musculus abd. inf. p. th.* und *Musculus abd. prop. d. R.* vom *Salmo salar*.

Fig. 9. *Musculus abd. prop. d. R.* von *Salmo salar*.

Fig. 10. *Musculus add. sup. p. th.* von *Salmo salar*.

Fig. 11. *Musculus add. inf. p. th.* und *Musculus add. prop. d. R.* von *Salmo salar*.

Fig. 12. *Musculus add. prop. d. R.* von *Salmo salar*.

Tafel XXVII.

Fig. 13. Verbindungen der Brustflosse mit dem Schultergürtel mit aufgeschnittenen Gelenkkapseln.

Fig. 15. Ein feiner Sägeschnitt durch ein vollständig entwickeltes Scapulare-Randstrahlgelenk eines *Barbus fluviatilis*.

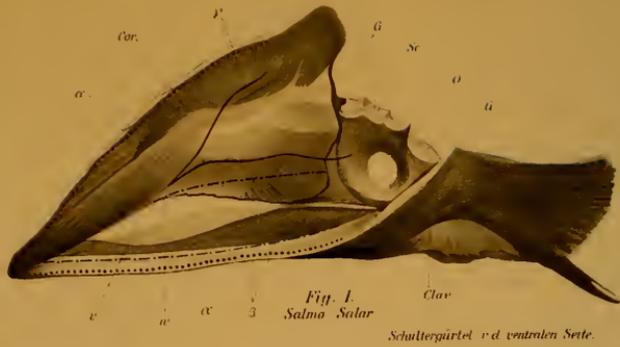


Fig. 1. *Salmo Salar*. Schultergürtel v. d. ventralen Seite.

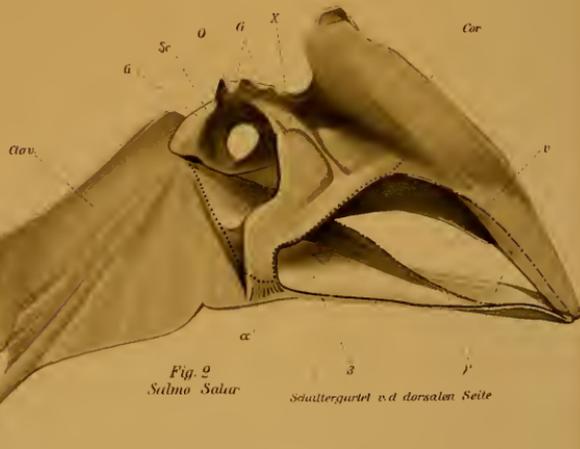


Fig. 2. *Salmo Salar*. Schultergürtel v. d. dorsalen Seite.

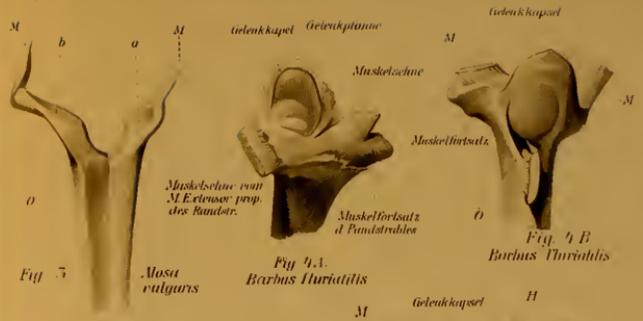


Fig. 3. *Musa vulgaris*. Fig. 4. *Barbus fluviatilis*. Fig. 5. *Barbus fluviatilis*.

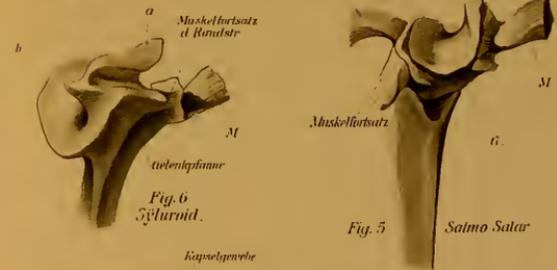


Fig. 6. *Sturion*.

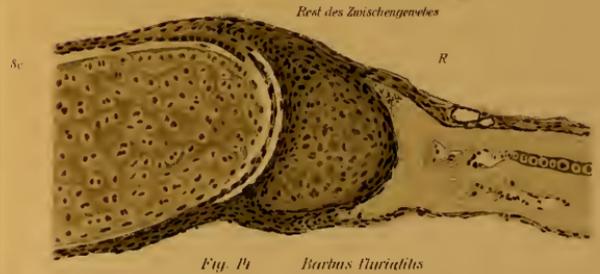


Fig. 7. *Barbus fluviatilis*.



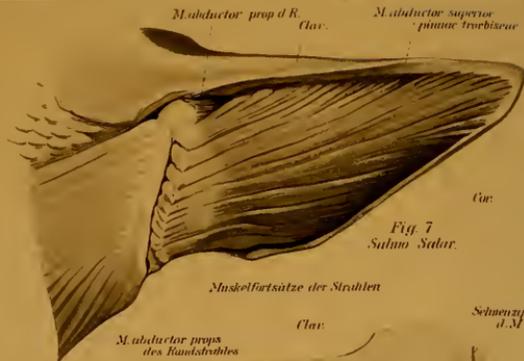
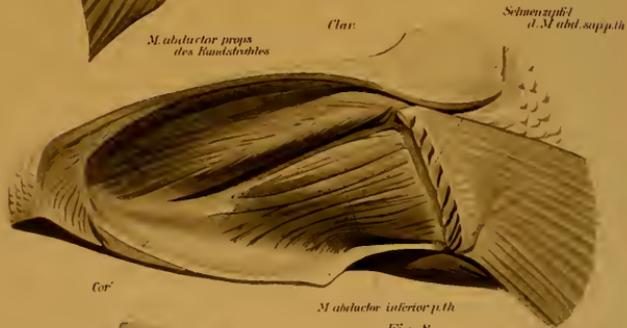


Fig. 7
Salam. Salar.

Muskelfortsätze der Strahlen



M. abductor inferior p. th
Fig. 8
Salam. Salar.

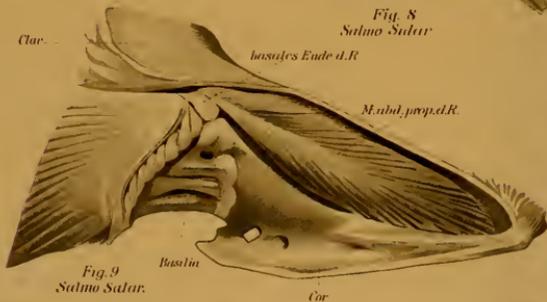


Fig. 9
Salam. Salar.



Fig. 10
Salam. Salar.

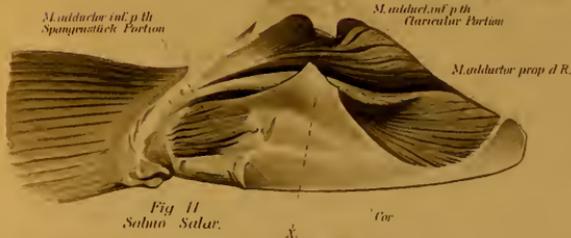


Fig. 11
Salam. Salar.

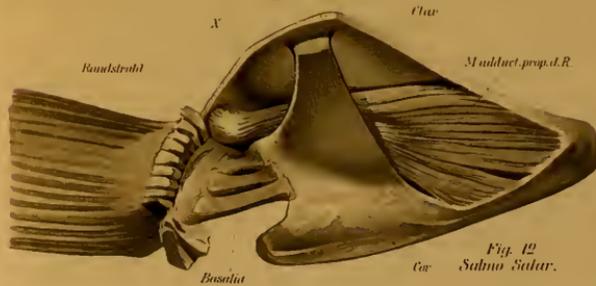


Fig. 12
Salam. Salar.

Verbindung der Basalia
mit dem Schultergürtel

Scapulare-Randstrahl-Gelenk



Fig. 15.
Salmo Salar

Randstrahl

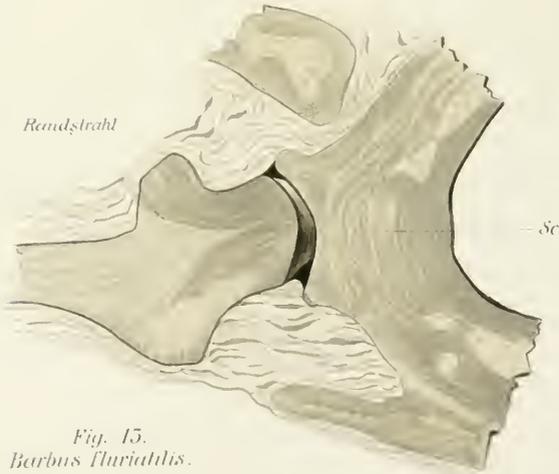


Fig. 15.
Barbus fluviatilis.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Jenaische Zeitschrift für Naturwissenschaft](#)

Jahr/Year: 1908

Band/Volume: [NF_36](#)

Autor(en)/Author(s): Pychlau Waldemar

Artikel/Article: [Untersuchungen an den Brustflossen einiger Teleostier.
692-728](#)