

# Vertebrata

## XII. c—h

## Pisces

### XII. c: Allgemeiner Teil

von H. M. KYLE, London und E. EHRENBAUM, Hamburg

Mit 20 Abbildungen und 10 Röntgenaufnahmen auf 1 Tafel

#### Inhaltsverzeichnis

	Seite
Einleitung . . . . .	XII. c 3
Die Anordnung der Fische im System . . . . .	XII. c 6
Form und Bau der Fische	
I. Unterklasse <i>Chondrichthyes</i> . . . . .	XII. c 10
II. Unterklasse <i>Osteichthyes</i> . . . . .	XII. c 12
A. <i>Chondrostei</i> . . . . .	XII. c 13
B. <i>Teleostei Physostomi</i> . . . . .	XII. c 14
C. <i>Teleostei Physoclisti</i> . . . . .	XII. c 20
Die Organe der Fische	
1. Bewegung und Gleichgewicht . . . . .	XII. c 26
2. Verdauung . . . . .	XII. c 31
3. Atmung . . . . .	XII. c 35
4. Zirkulation . . . . .	XII. c 39
5. Exkretion . . . . .	XII. c 42
6. Inkretion . . . . .	XII. c 43
7. Fortpflanzung . . . . .	XII. c 45
8. Sinnesorgane und Nervensystem . . . . .	XII. c 46
Stammesgeschichte und Verbreitung der Fische . . . . .	XII. c 57
Entwicklungsgeschichte der Fische . . . . .	XII. c 66
Biologie der Fische . . . . .	XII. c 75
Schluß . . . . .	XII. c 81
Literatur . . . . .	XII. c 82
Grimpe & Wagler, Tierwelt der Nord- und Ostsee	XII. c 1

## Anhang A: Fischeier

1. Verzeichnis der wichtigsten Knochenfischarten der Nord- und Ostsee mit festsitzenden (demersalen) Eiern nebst Angaben über Zahl und Größe derselben . . . XII. c 85
2. Tabellen zur Bestimmung planktonischer Eier der Nordsee und benachbarter Gewässer (mit Ausschuß der Ostsee) . . . XII. c 99
3. Tabelle zur Bestimmung planktonischer Eier der Ostsee XII. c 96

Anhang B: Schlüssel zur Bestimmung der in Nord- und Ostsee vorkommenden Familien der Fische (von G. DUNCKER, Hamburg) . . . XII. c 97

Dem allgemeinen Teile folgen die speziellen Fischgruppen mit gesonderter Paginierung:

I. *Chondrichthyes*

1. *Cyclostomi* (von W. SCHNAKENBECK, Hamburg) XII. d 1
2. *Holocephali* } (von E. EHRENBAUM, Hamburg) XII. e 1
3. *Selachii* }
4. *Batoidei* }

II. *Osteichthyes*

1. *Chondrostei* (von E. EHRENBAUM, Hamburg) }
2. *Physostomi* (von H. M. KYLE, London, und E. EHRENBAUM, Hamburg) } XII. f 1
3. *Physoclisti* I, 1—9 (*Scombresociformes*, *Syngnathiformes*, *Plectognathi*, *Ammodytiformes* und *Atheriniformes* von G. DUNCKER, Hamburg, und ERNA W. MOHR, Hamburg; *Gadiformes* von W. SCHNAKENBECK, Hamburg; *Blennii-formes*, *Trachini-formes* und *Gobiiformes* von G. DUNCKER, Hamburg, und ERNA W. MOHR, Hamburg) . . . XII. g 1
4. *Physoclisti* II, 10—15 (*Heterosomata* von W. SCHNAKENBECK, Hamburg; *Scleroparei*, *Labri-formes*, *Carangiformes*, *Perciformes* und *Scombriformes* von ERNA W. MOHR, Hamburg, und G. DUNCKER, Hamburg) . . . XII. h 1



**Einleitung**

Die Fische bilden die niederste Gruppe der Wirbeltiere und sind im allgemeinen gekennzeichnet durch den Besitz von Kiemen als Atmungsorganen an Stelle der Lungen, durch ein weniger differenziertes Blutgefäß- und Nervensystem, sowie durch das äußere Schuppenkleid. Überdies ist die Wirbelsäule keine Rückenstütze wie bei den höheren Wirbeltieren, sondern eine zentrale Achse, um welche herum die Organe und Bestandteile des Körpers mehr oder weniger im Gleichgewicht angeordnet sind. Diese Unterschiede können wohl auf die Tatsache zurückgeführt werden, daß die höheren Wirbeltiere das Wasser als ständigen Aufenthalt aufgegeben und ihre Organisation der Atmung an der Luft und der Fortbewegung auf dem Lande angepaßt haben.

Innerhalb der Gruppe der Fische jedoch finden wir viele Stufen oder Grade der Organisation. Alle haben irgendeine Art von Kopf, daher wurde ihnen und den höheren Gruppen der Wirbeltiere der Name *Craniota* gegeben. Aber einige, die Neunaugen und Inger (*Myxine*), haben keine Kiefer und werden daher manchmal *Agnathostomata* genannt; andere wieder, und unter diesen auch die Inger, haben keine eigentlichen Wirbel; die primitivere Chorda dorsalis bleibt bei den erwachsenen Tieren erhalten.

Die Chorda dorsalis ist der Vorläufer und bildet die notwendige Grundlage für die Wirbelsäule. Mit ihrer Hilfe sind einige frühere Verwandte der Fische unter den Wirbellosen aufgefunden worden. So z. B. besitzt der wohlbekannte *Amphioxus* (oder *Branchiostoma*; s. S. XII. b 1) eine sich von einem zum anderen Ende des Körpers erstreckende Chorda dorsalis. Er hat keinen wirklichen Kopf, und daher nannte man die Gruppe: *Cephalochordata*. Die Aszidien unter den Tunikaten wiederum haben eine Larvenform mit den Anlagen eines Kopfes und eine wohlentwickelte Chorda im Schwanz, weshalb man ihnen den Namen *Urochordata* (s. S. XII. a 1) gab. Augenscheinlich sind sie weit auf dem Wege gewesen, Fische zu werden oder waren es früher, aber aus irgendeiner Ursache haben Kopf und Schwanz nicht gut zueinander gepaßt und sich wieder getrennt, mit dem Erfolge, daß der Kopf allein, der die Sinnes- und Atmungsorgane enthält, zu einer festsitzenden Lebensweise überging, die ganz verschieden ist von der eines Fisches. Noch weiter zurück unter den Wirbellosen wurde eine Chorda dorsalis in der Nackenregion einiger wurmartiger Geschöpfe (z. B. *Balanoglossus*; s. S. VII. a 1) gefunden; und da diese auch Öffnungen, die man recht gut als Vorläufer der Kiemenspalten ansehen kann, sowie ein dorsal gelegenes Nervensystem besitzen, sind sie von den meisten Zoologen zu dem Range der *Hemichordata* erhoben worden.

So sind also die eigentlichen Fische nicht so scharf von den Wirbellosen getrennt, wie es vor den epochemachenden Untersuchungen KOWALEVSKYS im Jahre 1866 schien. Die genauen Einzelheiten der Umwandlung sind noch unbekannt und werden vielleicht niemals entdeckt werden; aber wir können erkennen, daß sich auf irgendeinem Wege eine Umkehrung des Evertebratenkörpers vollzogen hat, die das Nervensystem auf die Dorsalseite brachte, während das Gefäßsystem ventral verlagert wurde. Die Entwicklung der Chorda muß irgendwie diesen Vorgang unterstützt haben.



Über die äußeren Merkmale der Fische im allgemeinen braucht hier nur wenig gesagt zu werden. Flossen, Schuppen, Kiemendeckel oder Kiemenöffnungen und ein Schwanz sind die besonderen Merkmale eines Fisches, doch bei allen diesen findet sich eine unendliche Verschiedenheit der Ausbildung.

Die Flossen erheben sich als Hautfalten rings um die Ränder des Körpers, und in diese Falten wachsen Muskelzellen oder -knospen von den lateralen Myomeren her hinein. Theoretisch können sich die Flossen rund um den ganzen Körper entwickeln, und wenn alle Fische in Betracht gezogen werden, so finden wir wohl Beispiele dieses Verhaltens, aber kein einziger Fisch erfüllt diese theoretische Möglichkeit vollständig. Die Seezungen und aalartigen Fische kommen ihr am nächsten; aber bei den meisten Fischen sind nur Teile des Flossensaumes entwickelt. Dorsal kann entweder nur eine kurze Flosse, was ein deutliches Merkmal des Clupeidenzustandes ist, oder es können zwei getrennte Flossen vorhanden sein, wie bei den Makrelen und bei *Mugil*, oder drei Flossen wie beim Kabeljau. Ventral kommt im allgemeinen nur eine Flosse hinter der Analöffnung vor, beim Kabeljau wieder finden wir zwei. Weiter vorn auf der Ventralseite hat die Bauchhöhle eine Teilung der lateralen Myomeren verursacht und so die Entstehung paariger Flossen, nämlich der Brust- und Bauchflossen, bewirkt, deren Entwicklung aber bisweilen unterbleibt.

Die Schuppen, ebenso wie die Flossenstrahlen, werden in der Kutis, der tieferen Hautschicht, gebildet. Sie können als einfache Papillen entstehen, die zu rohen Knötchen und Stacheln auswachsen (Plakoidschuppen), wie bei den Haien und Rochen, oder ihre Basalteile können zu großen, rhombischen Platten verschmelzen wie beim Stör (Ganoiden), oder die Platten können mehr oder weniger kreisförmig sein (zykloid oder, wenn an der Basis mit roher Bedornung, ktenoid) und schräg zur Oberfläche hin auswachsen wie bei den Teleostiern. Aus irgendeinem Grunde können diese Platten sich auch gar nicht entwickeln oder in der Haut verborgen bleiben, wie bei den Aalen, oder aber sie können so weit auswachsen, daß sie leicht aus der Haut entfernt werden können wie beim Hering.

Die Färbung der Haut ist bei den Fischen in gewissem Grade eng an die Schuppen gebunden; sie entsteht in zwei Lagen innerhalb der Kutis, in einer oberflächlichen und einer tiefer gelegenen Schicht. In diesen Schichten sind vier Arten von Pigmentzellen oder Chromatophoren zu unterscheiden; je nach der Farbe, die sie hervorrufen, sind sie schwarz, rot, gelb oder blau. In verschiedenen Mischungen erzeugen sie die wundervollen Farben, die wir bei vielen Fischen, besonders tropischen Formen kennen; und da sie unter dem Einflusse des Nervensystems stehen und fähig sind, ihren Farbstoff willkürlich zusammenzuziehen, so ist der Fisch imstande, seine Farbe schnell in Anpassung an seine Umgebung zu verändern. Hierfür bedarf er jedoch seiner Augen; wenn diese geblendet sind, ist er unfähig, auf Farbänderungen seiner Umgebung zu reagieren. Die Farbe entsteht auch infolge Reflexion und Beugung der Lichtstrahlen an einer tieferen Schicht von Iridozyten, d. s. Zellen, die eine feste Ablagerung einer mit dem Guanin



verwandten Substanz enthalten. Diese Iridozyten sind angehäuft im Argenteum, einer lichtreflektierenden Hautschicht, die besonders am Bauche der Fische und auch innerlich, im Peritoneum, zu bemerken ist. Dieses Guanin ist im Grunde genommen ein Abfallsprodukt des Stoffwechsels, das hier vorteilhaft verwendet wird.

Gesonderte Kiemenöffnungen sehen wir bei Zyklostomen, sowie bei den Haien und Rochen; bei den übrigen Fischen sind sie in irgendeiner Weise verdeckt. Bei den Teleostiern ist eine einzige Öffnung vorhanden, die von dem aus vier Knochen zusammengesetzten Deckel und den anschließenden Kiemenhautstrahlen verschlossen wird (radii branchiostegi), obwohl nur zwei Knochen zu dem eigentlichen Kiemendeckel gehören, nämlich das Operculum und das Suboperculum. Beim Stör ist nur ein Knochen, das Operculum, vorhanden. Operculum und Suboperculum sind Deckknochen, die in Verbindung mit den Kiemenhautstrahlen entstehen. Die Membran, in der sich diese Knochen entwickeln, kann am Schultergürtel befestigt sein, nur eine kleine Öffnung oben (Seenadeln) und unten (Aale) freilassend. Bei anderen Fischen, wie z. B. beim Barsch und Kabeljau kann die seitlich gelegene Öffnung sehr groß sein.

Der Schwanz ist naturgemäß das wichtigste Bewegungsorgan der Fische; die Flossen werden dagegen hauptsächlich zur Erhaltung des Gleichgewichts gebraucht, obwohl sie in einigen wenigen Fällen, so die Rückenflosse der Seenadeln und die Brustflossen bei *Gastrosteus*, die Fortbewegung unterstützen. Die Schwanzflosse wird ebenso wie die anderen Flossen durch das Ausstoßen von Muskelzellen aus den Myomeren gebildet, und ihre wechselnde Form hängt daher von den Bewegungen und vom Gleichgewicht des Körpers in den Jugendstadien ab.

Die Mundöffnung ist ventral gelegen bei den Haien und Rochen, ebenso bei den Stören und den Larvenformen der Teleostier. Bei den meisten Teleostiern wird sie später endständig, ja selbst oberständig und führt zur Bildung sekundärer Kiefer, Maxillaren, die bei den Elasmobranchiern nicht vorhanden sind. Die großen Verschiedenheiten in der Form und Bildung der Mundöffnung sollen später besprochen werden.

Eins der Hauptmerkmale der Wirbeltiere ist schon bei *Amphioxus* gut zu beobachten, nämlich die Segmentierung des Nervensystems und der Muskulatur. Wir können uns kein Wirbeltier ohne die reihenweise Wiederholung gewisser Teile denken; doch muß betont werden, daß die Segmentierung der Wirbelbildung vorausging. Die Bewegung hilft also die Struktur zu bilden, und die ersten Zeichen eines „Körpers“ beim Wirbeltierembryo sind gerade die Muskelsegmente oder Myomeren. — Folgende Organsysteme weisen eine Segmentierung auf: Das Nervensystem folgt unmittelbar der Segmentierung der Muskulatur, und wenn Myomeren des Körpers degenerieren, wie bei *Orthogoriscus* (*Plectognathi*), so ist das Rückenmark entsprechend rückgebildet. Zudem bilden die Nerven des Körpers ein Viszeral- oder Sympathikussystem, das ebenfalls segmental angeordnet ist; und dieses System ist es, das die Kiemenbögen und die Mundöffnung in der Kopfregion versorgt. Ob die Kopfregion nun durch die Verschmelzung einer



Zahl von Muskelsegmenten entstanden ist, ist zweifelhaft. Die Atmungsorgane sind ebenfalls segmental, und zwar in der Form von Kiemenpalten angeordnet, jedoch nicht in Übereinstimmung mit den Muskelsegmenten. Bei *Amphioxus* ist eine sehr große Zahl solcher Spalten vorhanden, bis zu 100. Die Zyklostomen (Inger und Neunaugen) haben 6 bis 14 Paar; bei den Elasmobranchiern können 6 und 7 Paare vorhanden sein, gewöhnlich aber sind es nur 5. Und bei den Teleostiern beträgt ihre Zahl im allgemeinen ebenfalls 5. Das Kreislauf- oder Blutgefäßsystem gehört zu den viszerale Organen und ist nur soweit segmentiert, als es den Atmungsorganen durch die Kiemen und der Muskulatur im Verlaufe der Myomeren folgt. Die Hauptblutgefäße jedoch sind nicht segmentalen Ursprungs. Die Exkretions- und Geschlechtsorgane können segmental angeordnet sein, wie *Amphioxus* zeigt; aber bei den Fischen konzentrieren sich die Nephridien früh zu festeren Körpern in begrenzten Regionen. Das Verdauungssystem hingegen und die mit ihm verbundenen Organe gehen überhaupt nicht auf die Segmentierung ein. Es ist wie ein selbständiges Wesen innerhalb des Organismus, das sich seine Stellung schafft und die Lage der anderen Organe beeinflußt. Im Anfange ist es nur ein gerades Rohr, das lose in der Körperhöhle liegt, später neigt es dazu, Windungen oder Schleifen zu bilden, und dies wirkt auf die Lage und Form der übrigen Bestandteile des Körpers zurück.

#### **Die Anordnung der Fische im System**

Die Anordnung der Fische im System stößt immer noch im allgemeinen wie im einzelnen auf große Schwierigkeiten. Es sind über 12 000 Arten bekannt; und die Ansichten darüber, nach welchen Merkmalen diese anzuordnen sind, sind sehr verschieden.

Es wird das Verständnis der Morphologie der Fische erleichtern, wenn einige der Schwierigkeiten, die sich der Klassifizierung entgegenstellen, hier dargelegt werden.

Die *Cyclostomi* (Rundmäuler) sind Knorpelfische mit vielen Merkmalen, die denen der *Elasmobranchii* ähnlich sind; aber sie haben keine Kiefer. Wegen dieses Merkmales werden sie gewöhnlich von der Klasse *Pisces* abgetrennt und als die niedrigst stehenden Vertebraten angesehen. Man darf aber fragen, ob es richtig ist, diesem einen Merkmal soviel Gewicht beizumessen, besonders da Rudimente des Ober- und Unterkiefers bei den Neunaugen (*Petromyzon*) vorkommen. Die scheinbare Einfachheit anderer Merkmale, von Herz, Niere, Flossen, können daher ebenso wie das Fehlen der Kiefer eine Folge von Degeneration sein. Diese Möglichkeit wird durch andere später zu erwähnende Tatsachen verstärkt, so daß diese Gruppe die Isolierung, die man ihr gegeben hat, nicht verdient. Hier ist sie unter die Chondrichthyes aufgenommen worden.

Eine zweite Schwierigkeit betrifft die Priorität der Knorpelfische oder der Knochenfische. Zum Teil infolge der Annahme, daß die Zyklostomen die primitivsten Fische seien, wurde den *Chondrichthyes* ein früherer Ursprung beigelegt als den Knochenfischen. Aber weder die Paläontologie noch die Entwicklungsgeschichte stützen diese Ansicht



und, wie später gezeigt werden wird, können die unterscheidenden Merkmale der Knorpelfische in Beziehung gebracht werden zu der besonderen Art ihrer Fortpflanzung, welche gewiß nicht alten Datums ist. Aber nach dem herkömmlichen Gebrauch sind die *Chondrichthyes* hier an die erste Stelle im System gestellt worden.

Zahlreiche Schwierigkeiten ergeben sich auch bei der Anordnung der übrigen Fische. Viele Autoren bringen die Teleostier und Ganoiden zusammen unter der Benennung Teleostomi unter Ausschluß der Dipneusti (Lungenfische). Aber diese Unterscheidung erscheint künstlich, da sich die Mundcharaktere der Dipnoer unter den fossilen Ganoiden und den Chimären, teilweise sogar unter den Teleostiern, wiederfinden. Das Merkmal ist daher irreführend, und die Bezeichnung *Osteichthyes* wurde vorgezogen, um alle Fische zu umfassen, welche wirkliche Knochen in dem einen oder anderen Teil ihres Körpers haben (*Ganoidei*, *Dipneusti*, *Teleostei*).

### Klasse: **PISCES\***)

#### I. Unterklasse: **Chondrichthyes**

- |   |  |
|---|--|
|   | Familien:  |
| 1. Ordnung: <i>Cyclostomi</i> . . . . .       | { <i>Myxiniidae</i><br><i>Petromyzontidae</i>  |
| 2. Ordnung: <i>Elasmobranchii</i>             |  |
| 1. Unterordnung: <i>Holocephali</i> . . . . . | { <i>Chimaeridae</i><br><i>Notidanidae</i><br><i>Scylliidae</i><br><i>Carchariidae</i>                 |
| 2. Unterordnung: <i>Selachii</i> . . . . .    | { <i>Lamnidae</i><br><i>Spinacidae</i><br><i>Scymnidae</i><br><i>Echinorhinidae</i><br><i>Rhinidae</i> |
| 3. Unterordnung: <i>Batoidei</i> . . . . .    | { <i>Torpedinidae</i><br><i>Rajidae</i><br><i>Trygonidae</i><br><i>Myliobatidae</i>                    |

#### II. Unterklasse: **Osteichthyes**

1. Ordnung: *Dipneusti*  
(Lungenfische)
2. Ordnung: *Ganoidei*
  1. Unterordnung: *Holostei*  
(*Amia*, *Lepidosteus*)
  2. Unterordnung: *Chondrostei* . . . *Acipenseridae*
  3. Unterordnung: *Crossopterygii*  
(*Polypterus*)
3. Ordnung: *Teleostei*
  1. Unterordnung: *Teleostei Physostomi*

\*) Ein Schlüssel zur Bestimmung der etwa 77 in Nord- und Ostsee vertretenen Familien befindet sich auf S. XII. c 97.

Abteilungen:	Familien:
1) <i>Clupeiformes</i> . . . . .	{ <i>Clupeidae</i> <i>Salmonidae</i> <i>Scopelidae</i>
2) <i>Apodes</i> . . . . .	<i>Anguillidae</i>
3) <i>Esociformes</i> . . . . .	<i>Esocidae</i>
4) <i>Ostariophysi</i> . . . . .	{ <i>Cyprinidae</i> <i>Siluridae</i>
2. Unterordnung: <i>Teleostei Physoclisti</i>	
Abteilungen:	Familien:
1) <i>Scombresociformes</i> . . . . .	{ <i>Belonidae</i> ( <i>Scombresocidae</i> ) <i>Exocoetidae</i>
2) <i>Syngnathiformes</i> . . . . .	{ <i>Gastrosteidae</i> <i>Macrorhamposidae</i> <i>Syngnathidae</i>
3) <i>Plectognathi</i> . . . . .	{ <i>Balistidae</i> <i>Tetradontidae</i> <i>Orthogoriscidae</i>
4) <i>Ammodytiformes</i> . . . . .	<i>Ammodytidae</i>
5) <i>Atheriniformes</i> . . . . .	{ <i>Atherinidae</i> <i>Mugilidae</i> <i>Stromateidae</i> <i>Lampridae</i>
6) <i>Gadiformes</i> . . . . .	{ <i>Gadidae</i> <i>Macruridae</i>
7) <i>Blenniiformes</i> . . . . .	{ <i>Blenniidae</i> <i>Zoarcidae</i> <i>Anarrhichadidae</i> <i>Trachypteridae</i> <i>Lophiidae</i> <i>Batrachidae</i> <i>Lycodidae</i> <i>Fierasferidae</i>
8) <i>Trachiniformes</i> . . . . .	{ <i>Trachinidae</i> <i>Callionymidae</i> <i>Cepolidae</i> <i>Bramidae</i>
9) <i>Gobiiformes</i> . . . . .	{ <i>Gobiidae</i> <i>Gobiesocidae</i>
10) <i>Heterosomata</i> . . . . .	{ <i>Hippoglossidae</i> <i>Pleuronectidae</i> <i>Rhombidae</i> <i>Bothidae</i> <i>Soleidae</i>



11) <i>Scleroparei</i> . . . . .	{	<i>Scorpaenidae</i> <i>Triglidae</i> <i>Agonidae</i> <i>Cottidae</i> <i>Cyclopteridae</i> <i>Liparididae</i>
12) <i>Labriiformes</i> . . . . .		<i>Labridae</i>
13) <i>Carangiformes</i> . . . . .	{	<i>Carangidae</i> <i>Zeidae</i> <i>Caproidae</i>
14) <i>Perciformes</i> . . . . .	{	<i>Mullidae</i> <i>Sparidae</i> <i>Sciaenidae</i> <i>Serranidae</i> <i>Percidae</i>
15) <i>Scombriformes</i> . . . . .	{	<i>Scombridae</i> <i>Thynnidae</i> <i>Xiphiidae</i> <i>Trichiuridae</i>

### Form und Bau

Die Gestalt der Fische ist außerordentlich verschieden. Für die Allgemeinheit bedeutet ein Fisch etwas, das die Gestalt eines Torpedos hat, mit einem spitzen Kopf und einem Schwanz, ähnlich einem Propeller; außerdem schwimmt es im Wasser. Berücksichtigen wir jedoch alle Fische, so muß diese Begriffsbestimmung etwas modifiziert werden.

Die torpedo- oder spindelförmige Gestalt ist wohl der häufigste Typus bei den Fischen, wenn man deren Gesamtheit in Betracht zieht; aber doch wird die Zahl der Arten dieses Typs von der Zahl der abweichend geformten übertroffen. Selbst unter den spindelförmigen Fischen findet man große Verschiedenheiten. So ist z. B. der Schwanz des Herings und der Makrele gegabelt, während er beim Kabeljau gerade abgeschnitten und beim Haifisch unsymmetrisch ist. Der Körper des Herings ist hoch im Verhältnis zu seiner Dicke, jener der Makrele ist mehr rundlich im Querschnitt oder zylindrisch, und der Thunfisch hat abgeflachte Seiten.

Andere Fische wieder sind aalförmig und länglich (*anguilliform*), wie die Aale selbst, die Blenniiden, Haifische und Dipnoer; andere sind nadelförmig (*aculeiform*), wie die Seenadeln, einige pfeilförmig (*sagittiform*) oder sehr langgestreckt, wie die Macruriden und *Regalecus*; wieder andere sind von oben nach unten abgeplattet (*depressiform*), wie die Rochen und Seeteufel (*Lophius*), andere seitlich zusammengedrückt (*disciform*), wie die *Scorpaenidae* und Plattfische, manche kugelförmig (*globiform*) wie der Sonnenfisch (*Orthogoriscus*). Endlich kann man auch sagen, daß einige ohne ausgesprochene Form sind wie der Seehase (*Cyclopterus*) und die Tiefsee-Ceratiiden.

Um zu verstehen, wie diese große Mannigfaltigkeit entstehen konnte (denn vom Standpunkte der Entwicklungstheorie dürfen wir annehmen, daß ursprünglich nur eine Form vorhanden war),



müssen wir uns einen mittleren Typus vorstellen, einen mäßigen Schwimmer, wie ein solcher der Hering oder der Sprott ist, und uns auszumalen versuchen, wie ein solcher Typus unter dem Einfluß verschiedener Bedingungen modifiziert wurde, z. B. indem er sich rascher oder langsamer bewegte. Die schnellsten Schwimmer sind die Makrelen (*Scombridae*), und diese haben einen kräftigeren Schwanz als der Hering und einen spitzeren Kopf. Demgegenüber machen die gestaltlosen Formen wenig Anstrengungen zu schwimmen und ruhen meist auf dem Boden, wie der Seehase und der Seeteufel.

Diese Veränderungen in Form und Gestalt haben sich nicht ohne entsprechende Veränderungen im übrigen Körperbau vollzogen. Die Ursachen der letzteren können nicht gut in Kürze erörtert werden, aber sie können dann und wann angedeutet werden, so daß ein Eindruck gewonnen werden kann, wie aus einem Typus oder einer Form viele zu entstehen vermochten.

### I. Unterklasse: *Chondrichthyes*.

Die *Elasmobranchii* unterscheiden sich von den Knochenfischen durch ihr knorpeliges Skelett. Nach der zur Zeit geltenden Auffassung können die Wirbel allerdings ringförmige oder radiale, sogenannte Kalkablagerungen zwischen den Knorpelschichten haben. Auch besitzt der Körper keine Schuppenreihen, sondern ist entweder nackt oder mit groben, tuberkelähnlichen Hautzähnen versehen. Im Munde fehlen Maxillaren, und das Palato-quadratum dient als Oberkiefer, aber es ist von der Ethmoidalregion des Schädels losgelöst.

Auch ein Kiemendeckel fehlt, außer bei den Holocephalen, und die Kiemenbogen und Spalten liegen eine ziemliche Strecke hinter dem Kopf, manchmal unter und bisweilen über den Brustflossen. Man hat hierin primitive Eigentümlichkeiten erblicken wollen; aber es scheint sich vielmehr um Spezialisierungen zu handeln, zumal unbedeckte Kiemenbögen gelegentlich als Abnormität auch bei den Teleostiern vorkommen (Kiemendeckeldefekte) und auch die rückwärtige Stellung der Kiemenbögen bei den letzteren ziemlich häufig ist.

Daher ist es wahrscheinlich, daß die Chimären die primitivsten Formen unter den Elasmobranchiern darstellen, da sie in der Mitte der mesozoischen Periode, wenn nicht schon früher, vertreten sind, während die Rochen und Haie der Jetztzeit nicht weiter zurückreichen als bis zur Kreidezeit.

Abgesehen von dem Knorpelskelett ist die hervorstechendste Eigentümlichkeit der Elasmobranchier darin zu erblicken, daß die Geschlechter sich paaren, mit Ausnahme vielleicht vom Eishai (*Laemargus*). Zu diesem Zwecke sind die ♂ mit Klammerorganen versehen, entweder mit einem Paar, wie bei den Rochen und Haien, oder mit zwei Paaren und einem dritten unpaaren auf dem Kopfe, wie bei den Chimären. Die Eier werden also innerlich befruchtet, und die Mehrzahl der Rochen und Haie ist lebendig gebärend, manche von ihnen mit einer innigen Verbindung zwischen dem mütterlichen Uterus und dem Embryo. In den anderen Fällen entwickelt sich der Embryo in Eikapseln, bis er ein genaues Abbild der erwachsenen Form ist.



Diese Art der Fortpflanzung stellt im Vergleich zu der bei der Mehrzahl der *Osteichthyes* vorkommenden einen hohen Grad von Spezialisierung dar und bedingt in erheblichem Maße die Eigenschaften der Erwachsenen, die Form von Körper und Kopf und selbst den inneren Bau!

Im Gegensatz zur Mehrzahl der Teleostier findet sich schon in den frühen Embryonalstadien der *Chondrichthyes* eine wohlentwickelte Zirkulation von rotem Blut. Das Herz ist stärker entwickelt, und hat einen Conus arteriosus mit mehreren Klappenreihen, während die Teleostier in der Regel nur eine Reihe haben, ausnahmsweise (wie bei *Albula*) zwei. Ein Spritzloch oder eine überzählige Kiemenöffnung ist in der Kopfregion meist vorhanden. Der Darmkanal ist wohlentwickelt, und in seinem hinteren Abschnitt findet sich eine Spiralklappe, die wahrscheinlich aus verschmolzenen Darmwindungen entstanden ist. Diese Spiralklappe wird bei den Teleostiern nicht ausgebildet, höchstens bei einigen Clupeiden als Rudiment; aber sie findet sich allgemein bei allen Elasmobranchiern, beim Stör und bei den anderen Ganoiden, wie auch bei den Dipnoern. Sie ist auch bei den Zyklostomen (*Petromyzon*) vorhanden und liefert damit ein Argument für die Annäherung der letzteren an die Elasmobranchier. Die Nieren sind ebenfalls stärker entwickelt in dieser Unterklasse, und von ihnen werden die Ausführungsgänge der Geschlechtsprodukte abgeleitet wie bei den höheren Wirbeltieren.

Noch in einer weiteren wichtigen Beziehung weichen die *Chondrichthyes* von den übrigen Fischen ab; es wird bei ihnen keine Schwimmblase entwickelt, und das kann wieder auf die Art der Entwicklung zurückgeführt werden; denn dieses Organ ist offenbar entstanden durch die Gewohnheit, Luft aufzunehmen. Ein weiterer deutlicher Unterschied von den anderen Fischen ist die starke Entwicklung der paarigen Flossen, sowie deren Trennung voneinander und ihre seitliche Ausbreitung. Auch diese Merkmale können auf die Lebensweise des Embryos zurückgeführt werden. Bei den *Rhinidae* (z. B. *Rhina squatina*, dem Meerengel) sind sowohl die Brustflossen wie die Bauchflossen groß und seitlich ausgebreitet; bei den Rochen erreichen jene eine noch stärkere Entwicklung und gelangen zu einer Verbindung mit den Seiten des Kopfes und selbst noch weiter nach vorn mit der Schnauzenspitze. So kann die Breite des Körpers, quer über die Flügel gemessen, bei manchen Rochen (*Manta*) die enorme Größe von 6 bis 7 m erreichen (s. Teil XII. e).

Über die *Cyclostomi* ist hier nur wenig zu sagen. Sie sind wurmförmige Fische mit Knorpelskelett, wie Rochen und Haie, dazu wie diese ohne eigentliche Flossenstrahlen. Aber abweichend von den Elasmobranchiern haben die Zyklostomen keine Kiefer, keine paarigen Flossen und keine schuppenartigen Gebilde in der Haut.

Auf Grund dieser Eigentümlichkeiten hat man meistens angenommen, daß die Zyklostomen primitive Formen seien, und man hegte die Hoffnung, daß sehr alte fossile Reste eines Tages den Beweis für diese Primitivität erbringen würden. Aber diese Hoffnung ist wahrscheinlich eine irrige, und vorläufig müssen die Zyklostomen als ganz junge



Formen angesehen werden, jünger sogar als die modernen Rochen und Haie. Daher kann der runde, kieferlose Mund als eine degenerierte Form des Haifischmundes aufgefaßt werden, während die rückwärtige Stellung der Kiemenspalten sekundär erworben wurde. Die ältesten Fische hatten zweifellos die Kiemen gerade unter dem hinteren Teil des Schädels. Auch die Appendikularien — wenn diese als Vorläufer der Fische angesehen werden können — hatten die Kiemen im Schlund. Selbst bei den ältesten Haien (*Acanthodidae*) finden sich die freien Kiemen dicht hinter dem Kopfe, eine Stellung, wie sie sich bei den Aalen und den aalartigen Fischen wiederfindet. Endlich besitzt der Embryo, z. B. bei *Bdellostoma*, ebenso wie bei den Elasmobranchiern, in einem sehr frühen Stadium, während er noch im Ei ist, rotes Blut. Das ist bei den Knochenfischen keineswegs die Regel; die, welche als die primitivsten angesehen werden, haben kein rotes Blut, ehe die Larve nicht aus dem Ei geschlüpft ist (s. Teil XII. d).

Aus diesen Gründen ist es kaum angängig, die Zyklostomen als primitive Formen zu betrachten. Ob *Amphioxus* in demselben Lichte gesehen werden muß, das ist eine andere Frage. Hier findet sich kein bestimmtes Gehirn, Herz oder Verdauungssystem, das mit dem bei Fischen gefundenen vergleichbar wäre, und Hartgebilde fehlen dem Körper, wenn man von den knorpeligen Kiemenbögen absieht. Andererseits ist das Muskelsystem in derselben Weise angeordnet wie bei den Fischen. Somit kann *Amphioxus* angesehen werden entweder als ein Fisch, der den Kopf und die hauptsächlichsten Sinnesorgane verloren hat, oder als eine Appendikularie mit stark entwickelter Chorda und Muskulatur.

## II. Unterklasse: *Osteichthyes*.

Viele unter den Knochenfischen sind mehr knorpelig als knöchern; und es ist bezeichnend, daß Knorpel bei solchen Formen reichlich vorhanden ist, die ein langes Embryonalleben oder während der Larvenzeit eine große Menge Dotter haben (*Dipnoer*, *Salmo*, *Cyclopterus*), während Knochen bei denjenigen Formen vorwiegt, die bewegliche, freischwimmende Larven haben. Ferner findet sich Knochengewebe in der Mundregion, an der Schädelbasis (Parasphenoid) und darüber (Frontalia) oder in den Flossen, also gerade in den Teilen, die am meisten benutzt oder äußerem Drucke ausgesetzt sind.

Das Knochengewebe ist von zweierlei Art. Es kann unmittelbar in Membranen gebildet werden durch Ablagerung von Kalksalzen in den Bindegewebszellen, wie das in den Knochen des Schädels geschieht (Frontalia, Parietalia), oder es kann durch die Ablagerung dieser Salze um knorpeliges Gewebe herum entstehen (Oticum, Ethmoideum). Bei den höheren Wirbeltieren, namentlich bei den Säugern, erscheinen die Knorpel und die knorpelig präformierten Knochen in der Ontogenese in einem früheren Stadium als die Membranknochen, und daraus leitet sich wohl der „Glaube“ her, daß knorpelig präformierte Knochen in der Stammesgeschichte älter seien als die Membranknochen. Man kann indessen, wie oben angedeutet, das frühzeitige Auftreten von Knorpel mit dem passiven Verhalten des Embryos in Verbindung bringen.



Außerdem entwickelt sich Knorpelgewebe gewöhnlich in enger Verbindung mit Muskelgewebe.

Jetzt wird indessen allgemein anerkannt, daß Knorpelgewebe direkt in Membranen angelegt werden kann ohne eine vorausgehende Verbindung mit Knorpel oder mit Muskeln. Membranknochen waren bei den ältesten Fischen besonders in der Kopfreion stark entwickelt, und selbst die ältesten sogenannten Elasmobranchier (*Acanthodidae*) waren auf diese Weise mit Membranknochen ausgestattet. Diese Tatsache liefert uns die besten Argumente für die Schlußfolgerung, daß Knochenfische den Knorpelfischen vorausgingen.

Wie schon im vorigen Kapitel erwähnt, können die Knochenfische in drei Hauptgruppen eingeteilt werden: *Dipneusti*, *Ganoidei* und *Teleostei*.

#### A. *Chondrostei* (*Acipenseridae*).

Die erste Gruppe ist gegenwärtig in den hier in Betracht kommenden Gebieten nicht vorhanden. Die zweite wird durch die Stör e vertreten. Obwohl diese früher als die degenerierten Nachfolger der alten Panzer-ganoiden angesehen wurden, so scheint doch keine Verbindung zwischen ihnen vorhanden gewesen zu sein (s. das Schema auf S. XII. c 63). Die alten Ganoiden mit ihren ruderähnlichen Flossen waren selbst spezialisierte Formen, während die modernen Stör e von den mehr generalisierten pelagischen Formen der mesozoischen Periode herkommen. Die Merkmale des Stör s, die einzählige  $D^1$ ), die bauchständigen  $V^1$ ) und die ventrale Stellung der  $P^1$ ), welche nicht lappig sind wie bei den alten Ganoiden, deuten auf einen verhältnismäßig rezenten Ursprung hin, soweit das geologische Alter der Fische in Betracht kommt. Die ventrale Stellung des Mundes, und die Schnauze (oder das Rostrum) finden sich bei den *Chondrostei* der mesozoischen Periode, die in anderer Hinsicht den älteren, clupeidenartigen *Palaeoniscidae* ähnelten.

Die große Menge Knorpel beim Stör und seine mächtigen Schuppen oder Schilder sollten als Spezialisierung und nicht als primitive Merkmale angesehen werden. Die primitiven Merkmale sind vielmehr in dem Bau des Mundes und Schwanzes zu erblicken. Bei den heutigen Teleostiern wird der Mund durch eine komplizierte Reihe von Knochen und Muskeln geöffnet, und unter diesen Knochen spielt das Interoperculum eine äußerst wichtige Rolle. Die Vorfahren der Teleostier aber besaßen diesen Knochen nicht; statt dessen war bei ihnen die Kehle unterhalb der Kiefer mit einigen Verknöcherungen versehen, welche ersichtlich dem gleichen Zwecke dienten. Auch der Stör besitzt das Interoperculum nicht, und der ganze Kiemendeckel ist auf einen Knochen reduziert, nämlich das Operculum. Die Art, den Mund zu öffnen, ist daher eine besondere und ganz verschiedene von der bei den Teleostiern beobachteten.

Andererseits bleibt der Schwanz heterozerk, mit einem größeren oberen Lappen, und er trägt längs des letzteren die eigentümlichen

<sup>1)</sup>  $D$  bedeutet Rückenflosse (Dorsale),  $V$  Bauchflosse (Ventrale),  $P$  Brustflosse (Pectorale),  $A$  Afterflosse (Anale) und  $C$  Schwanzflosse (Caudale).



Fulcrum. Das ist auch ein primitives Merkmal, das nur bei einem oder zwei modernen Knochenfischen beobachtet ist (z. B. *Holostei*) (s. Teil XII. f<sub>1</sub>).

Damit kommen wir zur letzten Gruppe der Fische, den Teleostiern.

Nach Zahl und Mannigfaltigkeit bilden dieselben die herrschende Gruppe unter den Fischen der Gegenwart, und da sie in der hier in Betracht kommenden Region reichlich vertreten sind, so verdienen ihr Bau und ihre verwandtschaftlichen Beziehungen eine eingehendere Betrachtung als die der vorausgehenden Gruppen.

Zu diesem Zwecke müssen sie zunächst untergeteilt werden in *Physostomi* und *Physoclisti*.

#### B. *Teleostei Physostomi*.

Die Einteilung der Knochenfische danach, ob die Schwimmblase einen offenen Ausführungsgang hat (*Physostomi*) oder nicht (*Physoclisti*) ist die natürlichste und verständlichste, die bisher gefunden wurde. Sie bringt wahrscheinlich den grundlegenden Wechsel, der in der Geschichte dieser Fische vor sich ging, zum Ausdruck, und die Hauptunterschiede im Bau können auf diese Weise am besten angegeben werden. Die ältesten Fische hatten ohne Zweifel eine Schwimmblase und sehr wahrscheinlich eine offene, während andererseits die höchstspezialisierten Fische eine geschlossene oder gar keine Schwimmblase haben.

Dazwischen finden wir alle möglichen Varianten, selbst innerhalb derselben Gruppe, wie etwa bei den Scopeliden. Es kann ein Ausführungsgang der Schwimmblase vorhanden sein oder nicht; sie kann aber auch ganz fehlen. Dies in Verbindung mit der anderen merkwürdigen Tatsache, daß man Verschiedenheiten im Verhalten der Schwimmblase bei nahe verwandten Spezies (z. B. den Makrelenarten) findet, hat dazu geführt, diese Einteilung etwas aus dem Gebrauch kommen zu lassen. Dennoch sollte man sie beibehalten, sei es auch nur, um zu betonen, wie notwendig es wäre, die Variabilität dieses Merkmals aufzuklären.

Untersuchungen über die Entwicklungsstadien der Knochenfische haben neuerdings die Ursachen des Verschwindens der Schwimmblase in neuem Lichte gezeigt und unterstreichen in hohem Maße ihre große Bedeutung als ein Faktor in der Differenzierung der Teleostier und als ein natürliches Hilfsmittel zur Anordnung der Formen.

Die anderen Merkmale, die manchmal an Stelle der Schwimmblase gewählt wurden, haben sich als noch unsicherer erwiesen; doch dürfen wir bei einem Komplex verschiedener Formen nicht erwarten, daß ein jedes Unterscheidungsmerkmal sich als gleich brauchbar erweisen wird. Gerade bei Zwischengruppen sind alle Merkmale variabel, und wir sind daher gezwungen, eine Kombination mehrerer Merkmale zu benutzen. So haben die Physostomen fast ausschließlich weiche gegliederte Flossenstrahlen, und die Ventralflossen (V) sind bauchständig und niemals am Schultergürtel befestigt. Wir können wohl annehmen, daß diese beiden Merkmale eng miteinander verknüpft sind und ihren Ursprung in der Physostomenform haben (s. Teil XII. f<sub>2</sub>).



1. *Clupeiformes*. — Die Clupeiden werden in Europa durch den Hering, den Sprott u.a.m. vertreten und haben sowohl den einfachsten wie auch den am meisten verallgemeinerten Körperbau unter den Knochenfischen, vielleicht sogar unter allen Fischen; den einfachsten, weil der Vorgang der Knochenbildung der primitivste ist, den am meisten verallgemeinerten, weil alle anderen Formen leichter von ihnen als von irgendwelchen anderen abgeleitet werden können. Sie stehen sozusagen am Anfang und in der Mitte.

Das beigegefügte Röntgenbild des Sprotts (*Clupea sprattus*) (Tafel-fig. 1) zeigt zugleich die allgemeine Form und die Einzelheiten des Baus. Von einer medianen Achse erstrecken sich die Rippen und Wirbelfortsätze nach oben und nach unten in regelmäßigen parallelen Reihen ohne irgendeine Unterbrechung durch die ganze Länge des Körpers. Zwischen den Knochen können wir eine entsprechende Reihe von Muskeln verfolgen. Diese Symmetrie und der Bau ergeben die vollendetste Struktur eines Körpers, der von dem Medium, in welchem er lebt, völlig umschlossen wird.

Die Wirbelsäule der Clupeiden besteht aus einer verknöcherten Hülle oder Röhre, die durch die Myomeren in Segmente oder Zentren geteilt wird, welche von den Wirbelbögen in die Form einer Sanduhr gepreßt werden. Die Chorda verläuft, wie bei allen Teleostiern, von einem Ende des Körpers zum anderen durch die engen Löcher, die in den zusammengedrückten Wirbeln ausgespart sind. Die Apophysen sind bei den Clupeiden nur lose an den Wirbelkörpern befestigt und können leicht von diesen wie auch voneinander getrennt werden. Es wird in der Regel angenommen, daß bei den Teleostiern der aus den Bögen stammende Knorpel rund um die Wirbelsäule herumwächst und danach zu Knochen umgebildet wird. Dies trifft indessen nicht zu. Die Wirbelkörper sind niemals knorpelig präformiert. Bei den Salmoniden wie beim Stör sind die Bögen knorpelig, bei den meisten Teleostiern aber werden sie direkt als Knochen ausgebildet.

Längs der Bauchkante weisen die Clupeiden eine Reihe verschmolzener Schuppen oder Schilder („Kielschuppen“) auf. Sie sind homolog den Flossenstrahlen und bei den Salmoniden und den höheren Formen der Knochenfische nicht entwickelt. Bei den gewöhnlichen Clupeiden zeigt auch die Rückenkante vor der *D* die Rudimente solcher Schilder. Bei einigen australischen Formen und bei einigen fossilen Familien sind diese Dorsalschilder wohl entwickelt. Sie stellen wahrscheinlich einen primitiven Zustand dar, der bei den Ganoiden und den früheren Teleostiern eine starke Entwicklung zeigte.

Die *Clupeiformes* sind, was die Flossen betrifft, charakterisiert durch eine kurze, ungefähr in der Mitte des Körpers sitzende *D*<sup>2</sup>). Die Salmoniden und Scopeliden haben den Versuch gemacht, eine zweite Flosse nahe dem Schwanz auszubilden doch enthält diese keine eigentlichen Flossenstrahlen und wird daher als „Fettflosse“ bezeichnet. Die homozerke *C*<sup>2</sup>) ist gegabelt. Sie erscheint symmetrisch, doch ist

<sup>2</sup>) Vgl. die Anmerkung auf S. XII. c 13.



diese Symmetrie sekundär erworben, wie im Abschnitte über die Entwicklung gezeigt werden soll. Die ventral stehende *A* ist zuerst ganz kurz und liegt dicht vor der *C*. Ihr Vorderende beginnt direkt hinter dem After, und wenn dieser durch Kontraktion oder Schlingenbildung des Darms nach vorn verlagert wird, so breitet sich die *A* immer weiter nach vorn am Körper aus. Diese Erscheinung ist die Ursache der vielen Formveränderungen innerhalb der Clupeiden und anderer ihnen nahestehender Gruppen; bei den Salmoniden aber bleibt die *A* meist kurz und in ihrer distalen Lage, und gewöhnlich ist ein längerer und kräftiger Kaudalstiel als Schwanzwurzel vorhanden. Das steht im Zusammenhange mit der stärkeren Entwicklung der Muskulatur und dem kräftigeren Schwanz dieser Formen.

Noch weiter in der angedeuteten Richtung entwickeln sich die Scopeliden; der Schwanzabschnitt wird länger und der Körper schlanker. Diese Tendenz kann man auch bei den Clupeiden selbst (*Coilia*) bemerken; in der Regel aber wird bei diesen der Körper höher. Die Auswirkung dieser Tendenzen, einzeln oder zu mehreren zusammen, führt zur Differenzierung der Form und des Körperbaues.

Die *V*<sup>2</sup>) sind bauchständig, und selbst wenn sie im Zusammenhang mit der Verlängerung der Analflosse nach vorn verschoben werden, treten sie doch niemals in Verbindung mit dem Schultergürtel. Statt dessen verschwinden sie oder verlieren die Fähigkeit, sich weiterzuentwickeln, wie bei einigen ganz extremen Formen (*Pristigaster* und *Notopterus*), bei denen die Bauchregion sich stärker vorwölbt. Zugleich wird die Mundöffnung kleiner und beweist so ihren engen strukturellen Zusammenhang mit (der Form) der Bauchkante des Körpers.

Die *P*<sup>2</sup>) entstehen an der ventralen Kante des Körpers und sind stets mit dem Schultergürtel verbunden. Aber schon bei den Clupeiden können die *P* weiter nach oben verlagert werden, wie bei *Pristigaster*, und zeigen auch hierin die große Variabilität, die innerhalb dieser Gruppe herrscht. Die Salmoniden verhalten sich konstanter; bei ihnen bleiben die *P* dicht an der Ventralkante. Die Scopeliden hingegen haben die *P* hoch auf die Seiten verschoben, und dieser Befund steht im Zusammenhang mit einer starken Veränderung der inneren Organisation und des Gleichgewichtszustandes des Körpers.

Der Schultergürtel ist das Aktionszentrum verschiedener Kräfte, der Bauchmuskeln, Muskeln der *P*, Muskeln, die mit den Kiemenbögen in Verbindung stehen und besonders solcher, die zur Mundöffnung ziehen. Aus diesem Grunde ist er auch starken Umbildungen unterworfen, wenn die Form und damit die Fortbewegungsweise des Körpers sich ändert. So ist eine kleine Knochenspange (der sogenannte *Arcus mesocoracoideus*) für den Ansatz der *P*-Muskulatur vorhanden, wenn die *P* wie bei den Clupeiden, Salmoniden u. a. tief unten stehen; sie fehlt jedoch bei den Scopeliden und den spezialisierten Teleostiern. Gelegentlich kann eine ähnliche Knochenspange hoch oben an der Clavicula gebildet werden, was beweist, daß sie tatsächlich nur ein Ansatzpunkt für die Muskulatur ist, und daß ihr eine größere morphologische Bedeutung nicht zukommt.



Ein weiteres Merkmal des Brustabschnittes, das dessen große Variabilität kennzeichnet, ist das Auftreten verschiedener Knochen in der Haut (Cutis), nämlich der sogenannten Postcleithra oder Postclaviculae. Die genaue Bedeutung dieser Knochen und ihre wechselnde Beziehung zu der Bauchmuskulatur, zur Schwimmblase und dem Schultergürtel müssen noch näher untersucht werden, doch ist zu bemerken, daß sie bei den Clupeiden an der Außenseite der Klavikeln liegen, bei den Salmoniden und den meisten anderen Knochenfischen dagegen auf der Innenseite.

Alle Flossenstrahlen der *Clupeiformes* sind weich, gegliedert und niemals stachlig. Das ist auch die Regel bei allen Formen mit bauchständigen V (*Abdominales* oder *Teleostei posteriores*).

Der Bau des Kopfes und der Mundöffnung ist bei den Fischen sehr verschieden, da er von der Form und von der Art der Bewegungen des Körpers abhängt. So neigen langgestreckte Formen zu großen Mundöffnungen, die sich nach hinten bis zum Schädelansatz hinziehen, oder zu ventral gelegenen Mundöffnungen, während kurze und breite Formen eine mehr vertikale und kleinere Mundöffnung haben. Die *Clupeiformes* zeigen diese Extreme nicht, doch findet man innerhalb der Clupeiden vielfältige Formen und Größen der Mundöffnung. Das Hauptmerkmal sowohl der Clupeiden als auch der Salmoniden sind relativ kleine Prämaxillaren. Die Maxillaren nehmen bei ihnen auch noch Teil an der Bildung der Mundöffnung; bei den Scopeliden und den jüngeren Knochenfischen bilden dagegen die Prämaxillaren allein die obere Begrenzung des Mundes.

Diejenigen Teile des inneren Baues, die bei den Knochenfischen auf die äußere Form und Struktur am meisten reagieren, sind der Verdauungstraktus und die Schwimmblase. Der Verdauungskanal verläuft zuerst und im einfachsten Falle gerade gestreckt vom Mund zum After; doch treten dann zwei wichtige Veränderungen ein. Einmal entsteht eine Knickung oder Biegung im Verdauungskanal, und von dieser Biegung aus erstreckt sich nach hinten der Magen als ein Blindsack mit einer Verbindung zur Schwimmblase an seinem Hinterende. Oder aber der Magen selbst erleidet eine Umbiegung und nimmt teil an der Bildung einer oder mehrerer Windungen. Für die Clupeiden ist charakteristisch, daß sie die beiden hier geschilderten Varianten aufweisen, während bei anderen Gruppen die eine oder die andere Variante vorherrscht.

Die Schwimmblase ist bei Clupeiden und Salmoniden sehr groß und besitzt einen Ductus, der mit dem Ösophagus kommuniziert (Physostomenform). Bei den Salmoniden existiert keine direkte Verbindung zwischen Schwimmblase und Gehörorgan (Statozyste), bei den Clupeiden aber setzen sich zwei Verlängerungen des Vorderendes der Schwimmblase (von dieser durch eine Membran getrennt) bis an die Gehörkapsel fort, wo sie sich zu Säcken (Bullae) erweitern, deren häutige Wände mit der Endolymphe des Labyrinths in Verbindung stehen. Diese enge Verbindung zwischen Schwimmblase und Statozyste darf als Vorläufer des hochentwickelten Apparates, den man bei einigen Süßwasserfischen (*Ostariophysi*) findet, angesehen werden. Bei den



Scopeliden dagegen fehlt die Schwimmblase häufig völlig, und es ist zweifelhaft, ob hier überhaupt ein offener Ductus vorhanden ist.

Unter anderen Eigentümlichkeiten soll hervorgehoben werden, daß das Seitenliniensystem der Clupeiden nicht wie bei den meisten anderen Fischen entwickelt ist. Dieser Unterschied hat wahrscheinlich seine Ursache in der Entwicklung der geschilderten Verbindung der Schwimmblase mit der Statozyste; diese Verbindung hat in gewissem Sinne störend gewirkt auf die Innervierung der Seitenlinienorgane des Körpers.

2. *Apodes* (oder *Anguilliformes*). — Die Aale scheinen den Clupeiden sehr fern zu stehen. Wenn wir aber zu ihren jüngsten, erst kürzlich entdeckten Larven zurückgehen, so finden wir, daß sie stark an die Larven von *Albula* erinnern, die mit den Clupeiden nahe verwandt ist. Tatsächlich wurde die Larve von *Albula* zuerst auch als ein *Leptocephalus* beschrieben. Weiter haben auch die Tiefsee-*Gastrostomidae* in ihren Larvenformen große Ähnlichkeit mit den Aalen. Das Studium der Jugendformen oder frühesten Stadien der Fische erweist sich auch hier wieder als ein wertvolles Hilfsmittel zur Erkennung verwandtschaftlicher Beziehungen.

Die Besonderheiten im Bau der Aale sind der Verlust der V, sowie die großen und fortschreitenden Veränderungen in der Struktur der Mundöffnung. Wie schon bei den Clupeiden gesagt, hat die Mundöffnung die Tendenz, größer zu werden, wenn der Körper sich in die Länge streckt, und das beeinflußt die Struktur des ganzen Fisches. Der Gaumenbeinbogen bleibt bei den Anguilliden und Muränen erhalten, fehlt jedoch bei den Tiefseeformen *Synaphobranchus* und den *Saccopharyngidae*. Die Maxillaren, nicht aber die Prämaxillaren persistieren bei den Aalen, fehlen aber bei den Muränen. Bei den letzteren wird die Mundöffnung oben durch den Gaumenbeinbogen und den Vomer und unten durch die langen Mandibularen begrenzt. Da die Kiemenbögen bei allen diesen Formen weit hinter den Schädel zurückgezogen sind, so scheint es, als ob im Verlaufe der Entwicklung der ganze Viszeralapparat einschließlich der Unterkiefer nach hinten gezogen worden ist, und diese Umbildung ist bei den vorerwähnten Tiefseeformen besonders ausgeprägt.

Die langgestreckte Form (manche Spezies haben über 200 Wirbel) und der Verlust der V steht selbstverständlich mit diesen Veränderungen des Kopfabchnittes in Zusammenhang. Es ist auch bemerkenswert, daß bei diesen Formen die Haut von der darunterliegenden Muskulatur durch Lymphräume getrennt ist, was auf Störungen im Bereiche der Gewebe infolge von Bewegungen während der frühen Larven- oder *Leptocephalus*stadien hinweist. Eine weitere Folge dieser frühzeitig eingetretenen Störungen des Unterhautbindegewebes ist die, daß die Schuppen sehr klein sind und ganz in der Haut verborgen liegen oder vollständig fehlen.

3. *Esociformes*. — Der Hecht (*Esox*) und der Hundsfisch (*Umbra*) haben sich in ihrer Struktur weniger vom Clupeidentyp entfernt als die vorhergehende Abteilung. Der Hundsfisch, welcher in den



Sümpfen Ungarns beheimatet ist, und dessen nächste Verwandte weit entfernt in Kanada und den Nordoststaaten Amerikas leben, hat schwach entwickelte Zähne und ziemlich große Schuppen, wodurch er den Clupeiden ziemlich ähnlich ist; auch steht die *D* weiter vorn als beim Hecht. Bei diesem dagegen befindet sich die *D* gegenüber der *A*, wodurch er die Form eines Pfeiles erhält. Die Mundöffnung ist groß, mit starken Zähnen versehen; doch stehen keine Zähne auf den großen Maxillaren.

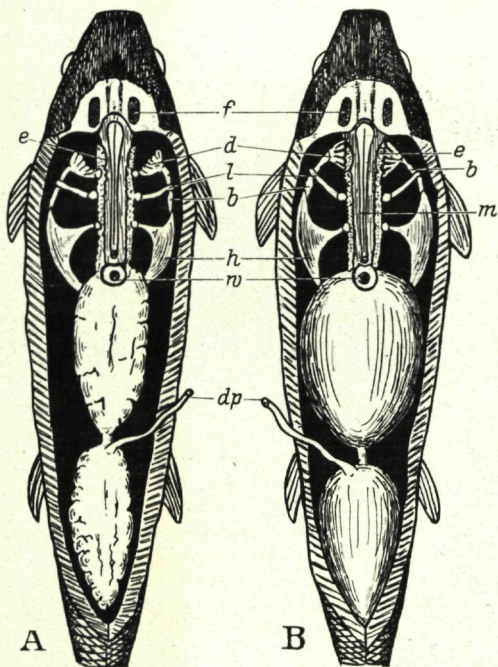


Fig. 1.

Verbindungsapparat zwischen Schwimmblase und Labyrinth beim Karpfen; links (A) mit schlaffer Schwimmblase und offenem Deckel, rechts (B) mit praller Schwimmblase und geschlossenem Deckel. — d Deckel; dp Luftgang (Ductus pneumaticus) am hinteren Abschnitt der Schwimmblase; e Einlage; f Fenster; h Hebel; l Lenker; m Rückenmark; w Wirbel; nach O. THILO 1908.

4. *Ostariophysii*. — Die *Ostariophysii* sind Süßwasserformen, die hauptsächlich in Südamerika und Afrika vorkommen; nur zwei Familien leben in europäischen Flüssen und Seen. Es sind dies die Familien der Karpfen (*Cyprinidae*) und der Welse (*Siluridae*). Das Merkmal, das die ganze Ordnung kennzeichnet, ist das Vorhandensein eines besonderen Apparates, der die Schwimmblase mit dem „Gehörorgan“ oder der Statozyste verbindet. Wäre dieser Apparat nicht vorhanden, so könnte man, wie wohl auch aus dem beigefügten Röntgenbilde (Tafelfig. 2) hervorgeht, die Cypriniden mit den Clupeiden vereinigen. Nirgends im Bau des Schädels oder des Körpers sind wesentliche Unterschiede zu entdecken, aber ein Vergleich des Röntgenbildes von *Leuciscus* mit dem von *Sprattus*, das in Tafelfig. 1 für die Clupeiden gegeben wurde, läßt sofort erkennen, daß hinter dem Kiemen-



deckel von *Leuciscus* die Rippen fehlen, und daß oben die Neuralbögen und Dornfortsätze zu einem komplizierten Gebilde verschmolzen sind.

Die Funktion und Wirkungsweise des eben erwähnten Verbindungsapparates zwischen Schwimmblase und Gehörorgan ist von THILO beschrieben worden und geht aus Fig. 1 hervor. Wenn die Schwimmblase schlaff ist, so sind die Verbindungsknochen mit dem Gehörorgan nicht in Berührung; ist aber innerhalb der Schwimmblase Druck vorhanden und diese aufgebläht, so werden die Knochen nach vorn gedrückt, und der zweite dieser Knochen preßt sich auf den ersten, die Fenestra. Dieser letztere besitzt eine von einer Membran verschlossene Öffnung, die ihrerseits mit einer Ausbuchtung des Labyrinths kommuniziert. Auf diese Weise werden dem Fische Druckschwankungen des umgebenden Wassers wahrnehmbar.

Abgesehen von dieser gemeinsamen Anpassung weisen die Cypriniden und Siluriden einige bemerkenswerte Ähnlichkeiten und Verschiedenheiten auf. So fehlen beiden Familien die Appendices pyloricae, so besitzen die Siluriden Zähne und Tastbarteln rings um das Maul, während beide bei vielen Cypriniden fehlen. Diese Unterschiede sind um so interessanter, als beide Familien fast genau die gleichen Lebensgewohnheiten haben, da sie im Schlamm wühlen und sich vielfach von pflanzlicher Kost und kleinen Tieren ernähren.

### C. *Teleostei Physoclisti*.

Den übrigbleibenden Gruppen der Teleostier sind bestimmte wichtige Merkmale gemeinsam, die hier kurz erwähnt werden mögen.

Erstens hat die Schwimmblase ihre ursprüngliche Verbindung mit dem Verdauungskanal verloren. Dies ist wahrscheinlich eine Folge der Drehung des Darmrohres während der Entwicklung und der frühzeitigen Atrophie des Ductus pneumaticus. In einigen Fällen jedoch kann, genau wie bei manchen Clupeiden, eine sekundäre Verbindung mit der Außenwelt sich entwickeln. So soll *Caranx trachurus* (Stöcker oder Bastardmakrele) einen winzigen Gang besitzen, der von der Schwimmblase in die rechte Kiemenhöhle führt.

Zweitens beansprucht die Schwanzregion einen größeren Teil des Körpers als bei der überwiegenden Mehrzahl der Physostomenformen, und das findet seinen Ausdruck in der Verteilung der Wirbel. Bei den stärker spezialisierten Formen nämlich übertrifft die Zahl der Schwanzwirbel die der Rumpfwirbel; nur bei einigen intermediären Formen (*Scombresociformes* und *Ammodytiformes*) ist das nicht der Fall.

Drittens verschiebt diese Veränderung in der Schwanzregion die A längs der Ventralkante nach vorn, und die V können sich nicht am Bauch oder so weit hinten entwickeln wie bei den Physostomen. Trotzdem finden wir bei einigen Zwischenformen, z. B. *Scombresociden* und einigen *Atheriniformen* die V noch mehr oder weniger bauchständig. Für alle die Zwischengruppen von den *Scombresociformes* bis zu den *Gadiformes* (vgl. S. XII. g 1 bis 45) ist es charakteristisch, daß die V keine direkte Verbindung mit dem Schultergürtel eingehen und hin und wieder gar nicht entwickelt sind. Infolge dieser variablen Merkmale



werden diese Zwischenformen zweckmäßig „*Irregulares*“ genannt (KYLE). Bei den restlichen Gruppen fehlen die V gelegentlich völlig; in der Regel sind sie jedoch vorhanden und haben eine knöcherne Verbindung zu den Klavikeln.

Viertens endlich finden wir bei den Physoklisten echte Stacheln in den Flossen. Gelegentlich sind diese als Einzelstacheln vor einer Flosse schon bei den *Ostariophysi* vorhanden. Doch hier werden sie zahlreicher und spielen eine ausschlaggebende Rolle bei der Herstellung des Körpergleichgewichts. Auch bei den Intermediärformen kommen stachelige Flossenstrahlen manchmal vor, so bei den *Gastrosteiformes*, *Plectognathi* und *Atheriniformes*, während bei den *Blenniiformes* und einigen primitiveren Gattungen der *Labriiformes*, der *Gobiiformes* und der *Trichiuridae* die Flossenstacheln ganz dünn und biegsam sind, so ein Übergangsstadium bildend zu den stärker entwickelten Flossenstrahlen der *Scorpaenidae*, *Carangidae* und *Percidae*. Es erscheint durchaus möglich, die Entwicklung von Stachelflossen mit einer geringeren Beweglichkeit der vorderen Körperhälfte in Beziehung zu bringen. Denn besonders bei den höher entwickelten Stachelflossern (*Acanthopterygii*) liegt die Schwimmblase in der vorderen Hälfte des Körpers unterhalb der Stelle, an der sich die stacheligen Strahlen der ersten D entwickeln.

Berücksichtigt man die hier aufgeführten vier Punkte, so ist eine genaue Beschreibung der einzelnen Physoklistenformen kaum notwendig. Einige kurze Angaben über die jeweiligen Hauptmerkmale werden genügen (s. Teil XII. g und XII. h).

1. *Scombresociformes*. — Beim Hornhecht (*Belone*) und dem Fliegenden Fisch (*Exocoetus*) sind die V ziemlich weit hinten auf dem Abdomen gelegen, doch ist die Schwimmblase geschlossen. Bei beiden sind die unteren Schlundknochen verschmolzen, ein Zustand, der sich aber auch bei einer ganzen Zahl sehr verschiedener Formen wiederfindet. Eine Eigentümlichkeit ist, daß die P sehr hoch oben an der Körperseite ansetzen und sich durch eine ganze Reihe von Entwicklungsstufen zu den riesigen Flossen entwickelt haben, welche die „Fliegenden Fische“ als Fallschirme beim Dahingleiten über das Wasser und in der Luft benutzen.

2. *Syngnathiformes*. — Die Stichlinge und die Seenadeln sind bemerkenswert durch ihre röhrenförmige Mundbildung und die Entwicklung von Knochenplatten an den Seiten des Körpers (vgl. Tafelfig. 3). Außerdem neigen die Kiemen zu Rückbildungen in der Größe. Bei den Stichlingen ist die Schnauze nicht sehr stark verlängert, bei den Seenadeln aber zu einer langen Röhre ausgezogen; und diese Eigentümlichkeit ist augenscheinlich von den tropischen Formen, den Fistularien, herzuleiten, welche im Beginn ihrer Entwicklung den Clupeiden in hohem Maße gleichen.

3. *Plectognathi*. — Während die Form der Fische in den bisher aufgeführten Abteilungen fast ausnahmslos spindelförmig oder langgestreckt ist, kommen wir nun zu einer Gruppe von Fischen mit ganz anderer, mehr runder und selbst kugelige Form. Diese Änderung der



Form kann bis auf die frühesten Entwicklungsstadien zurückverfolgt werden. Denn bevor noch der Dottersack vollständig resorbiert ist, öffnet sich schon der Mund, und es kann in einigen Fällen Wasser in die Dottermassen eindringen. Das Resultat ist, daß der Körper anschwillt und die Schwanzregion — wahrscheinlich weil sie nicht gebraucht werden kann — dazu neigt, in verschiedenem Maße zu degenerieren. Die übrigen Bestandteile des Körpers ändern sich dementsprechend. Die *V* fehlen, obwohl ein langer Beckenknochen entwickelt ist, und bei *Balistes* bilden sich hinter diesem längs der Bauchkante Flossenstrahlen, die denen der *A* mehr als denen der echten paarigen *V* gleichen. Bei den Sonnenfischen (*Orthogoriscus*) ist der Schwanz fast ganz atrophiert, und der Fisch bewegt sich mit Hilfe der enorm entwickelten Muskeln, die mit der *D* und *A* in Verbindung stehen. Viele Autoren sind der Meinung, daß die Plektognathen aus *Acanthuridae* (s. S. XII. c 25) entstanden sind.

4. *Ammodytiformes*. — Die Körperform dieser kleinen, aber höchst wichtigen Gruppe ähnelt der der Scombresociden. *D* und *A* sind jedoch stärker verlängert und erstrecken sich über einen größeren Teil des Körpers. Eine Schwimmblase ist nicht vorhanden und die *V* — bei den europäischen Formen — niemals entwickelt.

5. *Atheriniformes*. — Diese stellen wahrscheinlich den Ausgangspunkt der echten Acanthopterygier oder Stachelflosser dar; doch ist es zweifelhaft, ob auch die *Stromateidae* und *Lamprididae* hierher gehören. Denn die *V* der *Atheriniformes* besitzen keine Verbindung mit den Klavikeln, wohl aber oft eine solche mit dem Korakoid und noch häufiger mit den Postklavikeln, weshalb man ihre Lage als „posterior“ (abdominal) bezeichnen kann. Das wichtigste Merkmal ist die gesonderte erste *D*, die schwach stachelig ist und sich erst spät entwickelt (vgl. Tafelfig. 4). Die Gestalt der ersten drei Gruppen nähert sich sehr der des Percidentyps, insofern als der Körper robust oder hoch ist, im Gegensatz zu dem spindelförmigen Körper der Salmoniden und Clupeiden. Die *Stromateiden* und *Lampris* jedoch sind viel höher und besitzen eine einzige lange *D* (*Physoclisti* 1—5, s. Teil XII. g<sub>1</sub>).

6. *Gadiformes*. — Diese Gruppe, welche aus einer großen Zahl wohl bekannter und wirtschaftlich äußerst wichtiger Fische besteht, zeigt einige auffällige Erscheinungen. Sie nimmt eine zentrale Stellung innerhalb der Teleostier ein, doch ist es vorläufig unmöglich zu sagen, woher sie stammt oder welche andere Gruppe ihr am nächsten steht. Die *V* sind am Schultergürtel nur durch Bänder befestigt; aber auch bei einigen *Blenniidae* ist die knöcherne Verbindung zwischen *V* und Schultergürtel so schwach, daß es schwer ist, zu entscheiden, ob sie zu den Gadiden oder Blenniiden gehören. Doch kann man auf Grund dieses Befundes nicht behaupten, daß die Gadiden von den Blenniiden abzuleiten seien. Ein weiteres Charakteristikum ist der eigentümliche Schwanz, der zum pseudodiphyzerken Typ gehört, da er vollkommen symmetrisch ist und seine Strahlen oben und unten selten oder nicht von besonderen Hypuralplatten, sondern von den Dornfortsätzen der



Wirbel getragen werden (vgl. Tafelfig. 5). *D* und *A* sind gewöhnlich sehr lang und in 2 oder 3 Einzelflossen untergeteilt; dies letztgenannte Verhalten wird nur bei den Gadiden und sonst nirgends bemerkt. Die *Macruridae* sind Tiefseegadiden, mit spitzer Schnauze und sehr langem, dünnem Schwanze (*Physoclisti* 6, s. Teil XII. g<sub>2</sub>).

7. und 8. *Blenniiformes* und *Trachiniiformes*. — Hier handelt es sich um langgestreckte Formen mit langen fast überall gleich hohen *D* und *A* und mit dünnen Flossenstrahlen, die oft stachelig sind. Bei einigen sind die Wirbel sehr zahlreich (über 200), bei anderen wieder können sie auf 20 reduziert sein (*Callionymus*). Der Schwanz hingegen kann völlig diphyzer sein und besitzt niemals zahlreiche oder große Hypuralstützen. Ein allgemeines Merkmal der *Blenniiformes* ist, daß die Verknöcherung nur schwach ist wie bei den Clupeiden, so daß die Knochen biegsam sind. Dieser schwachen Verknöcherung und der langgestreckten Form ist es wohl zuzuschreiben, daß diese Fische eine große Variabilität besitzen. Die Bewegungen, welche die Ausbildung der Struktur bestimmen, wirken hier auf nachgiebigere Gewebe ein als bei den stärker verknöcherten Formen der noch zu besprechenden Gruppen. Aus diesem Grunde kann der Körper und die Schwanzregion peitschenförmig ausgezogen sein (*Cepola*) oder ein flaches, schmales Band bilden (*Regalecus*) oder abgerundet sein (*Centronotus*; Tafelfig. 6). Ähnlich kann der Schädel seitlich stark zusammengedrückt (*Blennius*) oder von oben nach unten abgeplattet (*Uranoscopus* und *Lophius*) oder durch die vorstehenden Kiefer von vorn nach hinten zusammengeschoben sein (*Trachypterus*) usw. Ebenso charakteristisch ist aber, daß der Schädel trotz (oder gerade wegen) seines zarten Baues nicht von der Wirbelsäule heruntergebogen ist wie bei einigen Formen der folgenden Gruppen. Wegen dieser Variabilität ist es ziemlich sicher, daß verschiedene der folgenden Gruppen, einschließlich der Plattfische, hauptsächlich von Blenniiden herzuleiten sind. Bei den *Blenniiformes* ist die Stellung der *V* wechselnd; sie stehen vor den *P* und häufig fehlen sie. Die Zahl der Flossenstrahlen in den *V* ist weniger als 5. Bei den *Trachiniiformes* stehen die *V* unter den *P* und enthalten 6 Strahlen. Die *Trachiniiformes* sind auch stärker verknöchert als die *Blenniiformes*.

9. *Gobiiformes*. — Die *Gobiidae* und *Gobiesocidae* sind tatsächlich Blenniiden, die einen Saugapparat entwickelt haben, mit dessen Hilfe sie sich am Grunde oder an schwimmenden Gegenständen festhalten können. Bei den Gobiiden wird der Saugapparat hauptsächlich von den *V* gebildet; eine Querfalte der Haut vervollständigt die Saugscheibe nach vorn. Bei den Gobiesociden ist sie viel komplizierter, da vorn die Basis der Klavikeln und hinten die Postklavikeln ebenfalls an ihrer Bildung teilnehmen und die Haftfläche viel größer ist. Wie bei den Blenniiden sind die Pterygial- oder Radialknochen auf der Basis der *P* ungewöhnlich groß und die Stachelstrahlen der ersten *D* sehr dünn (*Physoclisti* 7—9, s. Teil XII. g<sub>3</sub>).

10. *Heterosomata*. — Diese sind in der Hauptsache ebenfalls von Blenniiden herzuleiten, und zwar auf zwei verschiedenen Wegen. Bei den



*Soleidae* mit ähnlichen Wirbeln, *P* und *V* wie die *Blenniiden* ist der Körper und die Schwanzregion schmaler, und die Asymmetrie des Schädels kann z. T. auf die asymmetrische Lage der Schwimmblase zurückgeführt werden, die ein ungleichmäßiges Wachstum und ein unvollkommenes Gleichgewicht des Körpers zur Folge hat. Die Kiefer werden im Verlaufe der Entwicklung so stark auf die eine Seite des Körpers herübergezogen, daß die Prämaxillaren der anderen Seite mit dem Dentale des darunterliegenden Unterkiefers in gelenkige Verbindung treten. Diese sonderbare Mißbildung der Kiefer auf einer Seite ist für die *Soleiden* unter den *Teleostiern* charakteristisch.

Bei einer zweiten Gruppe, den *Pleuronectidae*, entwickelt die eine Abteilung niemals eine Schwimmblase, und die Asymmetrie des Schädels entspringt aus der unvollkommenen Balanzierung des Körpers und dem einseitigen Körperwachstum, das von der Schlingenbildung des Darmrohres herrührt. Diese Schlingenbildung geschieht stets auf der linken Seite, und die Kiefer sind nach dieser Seite verschoben, während die Augen auf die andere Seite wandern. Bei der dritten Abteilung, den *Rhombidae*, ist jedoch eine Schwimmblase vorhanden, die asymmetrisch über der Darmschlinge liegt. Die Asymmetrie des Körpers beginnt, sich auf der rechten Seite zu entwickeln, mit dem Resultat, daß die Augen auf die linke Seite zu liegen kommen. Obgleich bei dieser zweiten Gruppe die Kiefer manchmal auf die eine Seite herübergezogen sind, kommt es niemals zu einer gelenkigen Verbindung zwischen dem Prämaxillare und Dentale (*Physoclisti* 10, s. Teil XII. h<sub>1</sub>).

**11. *Scleroparei*.** — Diese Mischgruppe basiert auf einem einzigen Merkmale, dem Vorhandensein einer Knochenbrücke unterhalb des Auges, die das Suborbitale mit dem Präoperculum verbindet. Doch ist diese Knochenbrücke großen Variationen unterworfen. Bei einer Abteilung (*Triglidae*, *Agonidae*, *Dactylopteridae*) ist sie ein Teil des Knochenpanzers, der die Seiten des Kopfes, bei einigen auch des Körpers, bedeckt, gerade wie bei *Gastrosteus*, zu dem enge Beziehungen bestehen. Bei der anderen Abteilung ist der Kopf unvollständig oder fast gar nicht geschützt, und die Knochenbrücke ist manchmal völlig lose und nicht am Präoperculum befestigt. Diese Eigentümlichkeit ist offensichtlich in verschiedener Weise entstanden und kann schwerlich als ein Maßstab für verwandtschaftliche Beziehungen gelten.

**12. *Labriformes*.** — Das Hauptmerkmal dieser Gruppe ist die Verschmelzung der unteren Schlundknochen. Bei den *Scaridae* (Papageifischen) sind auch die oberen Schlundknochen miteinander verschmolzen. Diese Verschmelzung der unteren Schlundknochen kommt jedoch häufig, wenn auch verstreut, bei anderen Gruppen vor (z. B. *Scombro-socidae*). Die *Labridae* (Lippfische) sind von besonderem Interesse, da sie alle Grade der Spezialisierung oder des Fortschrittes von einfachen *Blennius*-ähnlichen Formen (*Julis*, *Coris*) bis zu solchen, die sich in Aussehen und Bau den Perciden nähern, zeigen. Bei den erstgenannten sind die Wirbel und die schlanken Stachelstrahlen der Flossen entschieden *Blenniiden*-ähnlich; bei dem höher entwickelten *Labrus* erinnern die Wirbel, Stachelstrahlen und das Aussehen des ganzen Fisches an die



Serraniden. Somit sehen wir, wie dieselben Entwicklungs- oder Spezialisierungstendenzen in den verschiedenen Gruppen wirksam gewesen sind.

**13. Carangiformes.** — Diese Gruppe nimmt unter den Physoklisten eine durchaus neutrale Stellung ein. Äußerlich ist sie durch die Stachelstrahlen der Flossen ausgezeichnet, die — abgesehen von den höher entwickelten *Labridae* und *Scorpaenidae* — stärker sind, als bei den vorhergehenden Gruppen, sowie durch die Besonderheit, daß die ersten 2 oder 3 Stacheln der *A* etwas nach vorn gerückt sind und somit von deren ersten weichen Stacheln getrennt stehen. Dieser Befund kennzeichnet einen äußerst wichtigen inneren Strukturunterschied. Bei diesen Formen nämlich ist der Abdominalstützknöchel (d. s. die verschmolzenen ersten Interhaemalia), der die Stachelstrahlen der *A* trägt, ungefähr in der Körpermitte gelegen und verläuft senkrecht von der Wirbelsäule nach unten (Tafelfig. 7 und 8). Diese Lage bedingt jedoch eine unvollkommene Balanzierung des Kopfes, und so finden wir bei dieser Gruppe den Kopf stark von der Wirbelsäule herabgebogen und oben mit starken Kämme oder Leisten für den Ansatz der Muskulatur versehen. Bei vielen Formen hat diese Konfiguration zur Entwicklung starker Stacheln in der 1. Rückenflosse geführt, die manchmal direkt mit der Okzipitalregion des Kopfes verbunden sind.

Im Verlaufe dieser Veränderungen ist auch der Mund stark umgebildet worden. Die Zähne können zu feinen Borsten reduziert sein (*Chaetodontidae*), oder der Oberkiefer kann nach hinten auf die Frontalregion des heruntergebogenen Schädels drücken (*Zeidae*), oder die Prämaxillaren können auf beiden Seiten mit den darunter gelegenen Dentalia vereinigt sein (*Caproidae*, *Acanthuridae*). In einigen Fällen kann die Abplattung des Schädels und die Deformierung der Kiefer soweit gehen, daß es als ein Wunder erscheinen muß, wie der Fisch am Leben bleiben konnte.

**14. Perciformes.** — Diese Gruppe weist dieselbe fortschreitende Strukturveränderung auf, wie oben für die Labriden beschrieben wurde; doch ist hier klar ersichtlich, daß die älteren Familien (*Mullidae* und *Sparidae*) von den Mugiliden und Atheriniden abstammen und nicht von Blenniiden. Die Stacheln der ersten *D* sind gewöhnlich stark und zahlreich. Ihre Zahl in der *A* beträgt im allgemeinen 3, die unmittelbar vor den weichen Strahlen stehen. Der Verlauf des Abdominalstützknöchelns oder ersten Interhaemale ist nicht vertikal, sondern schräg nach hinten gerichtet, so daß die *A* weiter hinten ansetzt als bei den Carangiden. Bei den Spariden ist der genannte Stützknöchel stark entwickelt, der Schädel ist in gewissem Grade von der Wirbelsäule heruntergebogen, und oben können starke Muskelleisten entwickelt sein. Hier besteht auch eine recht große Asymmetrie in Lage und Bau des Schultergürtels, und das ist auch der Fall bei vielen Serraniden. Doch ist bei diesen, wie bei Sciaeniden und Perciden, der Schädel nicht so weit von der Wirbelsäule heruntergebogen (Tafelfig. 9). Bei Serraniden und Perciden enthalten die *V* fast stets 6 Strahlen, nämlich einen Stachel- und 5 Weichstrahlen, und sind fest mit den Klavikeln verbunden.



**15. Scombriformes.** — Diese Gruppe enthält die schnellsten Schwimmer unter den Teleostiern, und ihr Bau ist diesem Zwecke aufs beste angepaßt. So greifen die Wirbel mit starken Fortsätzen derart fest ineinander, daß die ganze Wirbelsäule wie ein starrer Stab oder wie die Welle einer Schiffsschraube unmittelbar auf den Schädel wirkt. Der Schwanz ist sehr lang und gegabelt, und die Basalteile seiner Flossenstrahlen greifen übereinander und sind fest mit den Endwirbeln verbunden. Im direkten Gegensatz zu dem Befunde bei den Perciden sind die Hypuralplatten, wenn überhaupt vorhanden, gering an Zahl und klein. Ein Bauchstützknöchel (verschmolzene erste Interhaemalia) tritt nicht auf, so daß die ganzen Gleichgewichtsverhältnisse und die Bewegungen des Körpers völlig verschieden sind von denen der Perciden (s. Tafel-fig. 10). Andererseits weisen die *Scombriformes* große Verschiedenheiten der Form und des Baues auf, insbesondere im Bereiche der V und D. Die V können sehr stark rückgebildet sein, oder vielmehr sie entwickeln sich gar nicht, wie bei verschiedenen Trichiuriden und beim Schwertfisch (*Xiphias*), oder sie enthalten nur 2 Strahlen, wie bei den Segelfischen (*Histiophoridae*). Die Stachelstrahlen der D sind, wenn überhaupt vorhanden, gering an Zahl und schlank. Manchmal ist die Flosse sehr lang (bei *Coryphaenidae* und *Trichiuridae*), oder sie kann in zwei Hauptflossen und eine ganze Zahl dahinter gelegener kleiner Flößchen aufgeteilt sein. Wahrscheinlich werden bei den besten Schwimmern, wie Makrele und Thunfisch, die vertikalen Flossen beim Schwimmen einfach nach hinten zurückgelegt (*Physoclisti* 11—15, s. Teil XII. h<sub>2</sub>).

### Die Organe der Fische

In diesem Kapitel soll ein vergleichender Überblick über diejenigen Teile eines Fisches gegeben werden, die den Organismus mehr als etwas Belebtes betreffen, seine Bewegungen, die Atmung, Verdauung usw. Die Anatomie und Histologie soll nur soweit behandelt werden, als Unterschiede gegenüber den höheren Vertebraten und den Fischen selbst in Betracht kommen; hauptsächlich sollen die physiologischen und biologischen Tatsachen Berücksichtigung finden.

1) Bewegung und Gleichgewicht. Wenn man bisweilen sagt, daß die Fische sich mit Hilfe ihrer Flossen bewegen, so ist das nur zum kleinen Teil richtig. Die Stichlinge bewegen sich vorwärts und rückwärts mit Hilfe ihrer Brustflossen, und ohne Zweifel ist es dieselbe Bewegungsart, die *Fierasfer* befähigt, in die Holothuriern mit dem Kopfe oder Schwanze voran hineinzuschlüpfen. Die Wellenbewegungen der D bei Seenadeln dienen ebenfalls dazu, den Fisch durch das Wasser zu treiben, und der gewaltige Sonnenfisch bewegt sich mit Hilfe seiner D und A mit bemerkenswerter Schnelligkeit. Aber das sind nur Ausnahmefälle.

Das Hauptorgan der Fortbewegung bei den Fischen ist die muskulöse Schwanzregion. Die Schwanzflosse als eine Erweiterung dieser Region trägt zu dieser Fortbewegung bei, wirkt aber auch als balanzierendes Organ. Die übrigen Flossen dienen jedoch hauptsächlich diesem Zwecke. Wie diese Funktionen erfüllt werden und ineinandergreifen, geht aus folgendem hervor.



Das longitudinale Muskelsystem des Fischkörpers zerfällt in zwei Hauptabschnitte: eine zentrale Gruppe, rund um die Wirbelsäule herum, und eine Randgruppe, die mit den dorsalen und ventralen Körperkanten in Verbindung steht. Die einzelnen Teile der ersteren verlaufen spitz nach hinten gegen den Schwanz zu, die der letzteren mit einer Neigung nach vorn. Daher hat ein vollständiges Muskelsegment (Myomere) die Gestalt eines um  $90^\circ$  gedrehten W ( $\gg$ ; Fig. 2); und ein senkrechter Querschnitt durch den Körper trifft unter Umständen nicht weniger als 5 Segmente. Bei der großen Mehrzahl der Fische sind die Myomeren segmental angeordnet, aber bei einigen Elasmobranchiern läßt sich eine Gruppierung der Muskeln wie bei höheren Vertebraten beobachten.

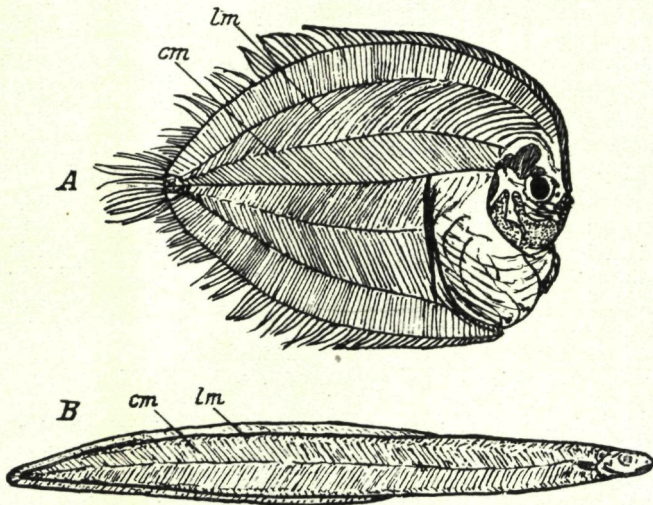


Fig. 2. Muskulatur, A eines Plattfisches (Verwandlungsstadium von *Bothus*); B eines länglichen Fisches (Verwandlungsstadium von *Anguilla*). — lm Randmuskelbündel; cm Zentralmuskelbündel.

Die biologische Bedeutung dieser Verhältnisse ist wohl folgendermaßen zu verstehen: Die zentralen Muskelteile, die sich nach hinten in der Richtung der Dornfortsätze erstrecken, befähigen die Oberfläche des Körpers wie die Blätter eines Propellers gegen das Wasser zu schlagen und treiben auf diese Weise den Körper vorwärts. Die Randgruppen können eine Dämpfung dieser Vorwärtsbewegung bewirken (z. B. diejenigen, die zu den P und V gehen); aber ihr Hauptzweck ist zu verhindern, daß der Körper zu weit nach der einen oder anderen Seite schwingt. Die kleinen, zu den Flossenstrahlen gehenden Muskeln dienen ihrerseits dazu, diese Strahlen aufzurichten oder niederzulegen mit geringer seitlicher Bewegung oder ohne dieselbe.

Diese physiologische Gruppierung der Muskeln erlaubt uns zwischen den verschiedenen Arten des Schwimmens zu unterscheiden. Bei schnellen Schwimmern, wie Haien und Scombriden, ist die Gruppe der



Randmuskeln weniger entwickelt als die zentrale, und die letztere verjüngt sich stark nach hinten. Bei schlängelnden Fischen, wie Aalen und vielen Blenniiden, ist die Randgruppe auch von geringerer Bedeutung, aber die zentrale Gruppe ist mehr stumpfwinklig. Bei langsam sich bewegenden Fischen, wie Rochen und Plattfischen, ist die Randgruppe stärker entwickelt als die zentrale.

Die Bewegungen der Fische wirken auf die Beschaffenheit und Stellung der Flossen zurück. Wo die Bewegung eine schlängelnde oder langsame ist, haben die Strahlen die Neigung, sich längs der ganzen Länge des Körpers zu entwickeln (bei Blenniiden und Plattfischen). Wo aber die Bewegungen sehr schnell sind, da scheinen die Flossen sich hauptsächlich an den Körperstellen zu entwickeln, die sich nicht biegen, also in den Zonen verhältnismäßiger Ruhe. Es ist z. B. bezeichnend, daß bei den Clupeiden die *D* und *V* in demselben Querschnitt wie die stärkste Erweiterung der Schwimmblase liegen.

Die Art der Bewegung ändert sich offenbar auch während der Entwicklung. Beim Kabeljau werden die Flossenstrahlen zunächst in 3 getrennten Zonen angelegt; später breiten sie sich aus bis zum völligen Anschluß aneinander. Andererseits bilden bei den Scombriden während der früheren Entwicklungsstadien die zweite *D* und die *A* je eine kontinuierliche Flosse; aber später beim Wechsel der Bewegungsart werden diese Flossen in isolierte Flößchen aufgelöst. Ein ähnlicher Wechsel in der Bewegungsweise verhindert bei den Salmoniden die Entwicklung der zweiten *D*.

Sehr wahrscheinlich hat auch der Grad der Bewegung des ganzen Körpers sowohl als der Flossen selbst wesentlich mit der relativen Größe der Flossenstrahlen und der sie stützenden Knochen oder Knorpelstücke (Radialia) zu tun. So sind bei den langsamen Formen die Strahlen lang, während die Radialia kurz sind und innerhalb der Körperwand verbleiben (Blenniiden und *Ammodytes*). Bei den schnelleren Schwimmern (Hering und Salmoniden), sehen wir, wie während der Entwicklung die Radialia über den Rand des Körpers herausgedrückt werden, und die Strahlen sind verhältnismäßig kurz. Zum Extrem gelangt dieser Vorgang bei den Elasmobranchiern, wo Radialia sehr stark entwickelt sind, namentlich in den paarigen Flossen, während die Strahlen rudimentär bleiben.

Wir können also verschiedene Arten der Bewegung bei den Fischen unterscheiden. Die einfachste ist vielleicht die schlängelnde Art, wobei der Körper mehrfach in Wellenlinien von einer Seite zur anderen schlägt. Hier ist die *C* nur wenig oder gar nicht gegabelt. Die Gadiden sind wahrscheinlich die schnellsten Schwimmer in dieser Gruppe. — Bei den schnelleren Schwimmern ist sonst der Schwanz gegabelt, und wir können daraus schließen, daß die Bewegungen der Schwanzregion nach Art einer Schraube erfolgen und der Schwanz sich erst nach der einen und dann nach der anderen Seite dreht. Diese Bewegungsart ist, wie erwähnt, am besten an den *Scombridae* zu verfolgen. Bei den Haifischen dagegen ist die *C* unsymmetrisch, mit einem längeren oberen Abschnitt, und die Bewegung ist hier eine wriggende, mit weiten Schwingungen des Schwanzes von einer Seite



zur anderen. Diese Bewegungsart erreicht ihr Extrem beim Fuchshai (*Alopias*), bei dem der obere Abschnitt der *C* annähernd so lang ist wie der ganze Körper; und die Bewegungen des Schwanzes finden einen passenden Ausdruck im englischen Namen dieses Haies: Thresher Shark, d. h. der Drescher.

Die Bewegungen der Fische sind jedoch durch ihr angeborenes und vererbtes Gleichgewicht bestimmt, und das führt uns zu einer Betrachtung der Strukturen, welche für das Gleichgewicht in Betracht kommen. Man hat ein seitliches Gleichgewicht und ein Gleichgewicht zwischen hinten und vorn zu unterscheiden. Bei dem letzteren hat der Kopf gewöhnlich das Übergewicht über die Schwanzregion. Daher muß der Fisch, um sich horizontal vorwärtsbewegen zu können, ein Hilfsmittel haben, um den Kopf zu heben. Das kann auf zweierlei Weise geschehen. Im einen Fall ist eine Schwimmblase vorhanden, und es zeigt sich, daß in der Stammesgeschichte der Fische die Schwimmblase mit dem zunehmenden Gewicht des Kopfes nach vorn gerückt ist (*Physoclisti*), oder man sollte vielmehr sagen, die vordere Lage der Schwimmblase hat dazu geführt, daß der Kopf schwerer geworden ist, wie bei den Scombriden und Perciden. Wo aber keine Schwimmblase vorhanden ist, wie bei den Elasmobranchiern, wird die Arbeit, den Kopf zu heben, auf die Muskeln längs des Rückens und auch des oberen Schwanzabschnittes übertragen. Daher der lange obere Abschnitt im Schwanz der Elasmobranchier!

Wo eine Schwimmblase vorhanden ist, macht der Schwanz während der frühen Stadien, wenn die Schwimmblase sich noch entwickelt, diese asymmetrische oder heterozerk Form durch, um sekundär symmetrisch oder homozerk zu werden, wie bei der Mehrzahl der Teleostier (s. Fig. 3). Die einfachste Form des Schwanzes,

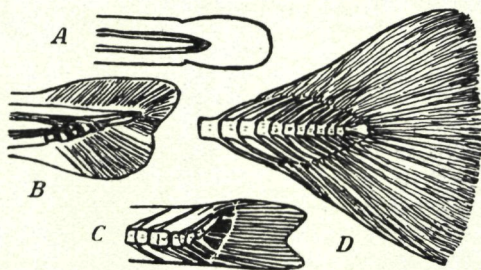


Fig. 3. Formen der Schwanzflosse; A diphycerkes, B heterozerk, C homozerkes Stadium in der Entwicklung der Schwanzflosse bei *Clupea*; D isozerk Schwanzflosse bei *Gadus*.

die diphycerke, bei welcher das äußerste Ende der Schwanzregion in einer Linie mit der Körperachse bleibt, findet sich nur bei den frühesten Larven der Fische vor dem Verschwinden des Dottersacks. Aber ein sekundärer diphycerker Typus kommt auch bei sehr gestreckten Formen vor, wo der Körper so lang ist, daß das Schwanzende vom Kopf nicht beeinflußt ist, wie bei einigen Blenniiden und Macruriden, oder wo die Schwimmblase in den frühen Stadien groß ist, wie bei einigen Gadiden. Hier bleiben die oberen und unteren Schwanzhälften symmetrisch, und diese Art von Schwanz wird gephyrozerkal oder isozerkal genannt, um sie von der primitiven diphycerker Form zu unterscheiden, da es ziemlich sicher ist, daß die Fische, die



sie besitzen, von Vorfahren mit heterozerkem oder homozerkem Schwanz abstammen. Der Übergang vom homozerken zum gephyrozerken Typus läßt sich bei vielen Teleostiergruppen verfolgen, den Gadiformes, Blenniiformes und Scombriformes.

Die mannigfache Art und Weise, in der das Verhalten und die Lage der Schwimmblase das Gleichgewicht und damit den Bau der Fische beeinflußt hat, kann hier nicht im einzelnen behandelt werden, aber einige interessante Beziehungen mögen noch erwähnt werden. Wo die Schwimmblase einen großen Teil des Körpers einnimmt und einen offenen Ausführungsgang behält (*Physostomi*), da sind die Flossenstrahlen weich und gegliedert, abgesehen bisweilen von den vorderen Strahlen, die als Vordersteven im Wasser wirken. Wenn die Schwimmblase geschlossen ist, so ist der Körper unbiegsamer, und Stachelstrahlen entwickeln sich besonders in den vorderen Teilen der Flossen. Solche Fische sind auch auf bestimmte Tiefenzonen im Wasser beschränkt, wo sie sich an einen bestimmten Druck angepaßt haben. Ist die Schwimmblase ganz verloren, so müssen sich die Fische am Boden halten, wie viele Blenniiden, oder aber ihre Körperstruktur derartig entwickeln, daß sie ihren Weg auf und nieder durch ihre Schwimmfähigkeit zurücklegen können, wie die Makrele und die Haifische.

Man hat auch beobachtet, daß sich in vielen Fällen die Schwimmblase nicht symmetrisch entwickelt und auf diese Weise einen Einfluß auf das seitliche Gleichgewicht gewinnt. So entwickeln viele Fische unter den Spariden, Carangiden und Serraniden ein erhebliches Maß von seitlicher Asymmetrie in ihrem Bau, besonders in der Abdominalgegend und im Schulterblatt; und die Verschiedenheiten des asymmetrischen Typus unter den Plattfischen können auch auf die Lage oder das Fehlen einer Schwimmblase zurückgeführt werden (s. S. XII. c 24).

Allem Anschein nach können auch die Abdominalorgane die Rolle von Gleichgewichtsorganen spielen. Bei einigen Larvenformen ragt das Ende des Darms weit aus dem Körper heraus und wirkt so wie eine Balanzierstange; bei den Plattfischen findet man, daß die Dauer des postlarvalen pelagischen Stadiums, während dessen sich die Asymmetrie entwickelt, von der Anordnung der Abdominalorgane abhängt. Solange diese uneingeschlossen bleiben, ist die Metamorphose nicht vollendet.

Die Hauptorgane zur Aufrechterhaltung des seitlichen Gleichgewichts sind höchstwahrscheinlich die Randflossen *D* und *A* und die paarigen *P* und *V*. So ist es bezeichnend, daß, wenn der Körper gestreckt ist, die Randflossen niedrig sind (Aale), wenn der Körper höher wird, die Randflossen breiter werden (Plattfische). Es ist aber zu beachten, daß die Fische diese Flossen brauchen, wenn sie langsam schwimmen oder zum Zwecke der Steuerung in der einen oder andern Richtung; wenn sie schnell schwimmen, legen sie die Flossen zurück, so daß diese nicht im Wege sind. Bei vielen Fischen (Aale und einige Blenniiden) entwickeln sich die *V* überhaupt nicht; bei anderen entwickeln sie sich zwar, werden später aber abgeworfen (Stromateiden); ähnlich ist es mit den *P* (einige Aale und Plattfische). Infolge ihrer beschränkten Verwendbarkeit als Gleichgewichtsorgane



werden die paarigen Flossen bei sehr vielen Fischen anderen Zwecken angepaßt.

2) **Verdauung.** Die verschiedenen Abschnitte des Verdauungskanal der Fische entsprechen denjenigen der höheren Vertebraten, sind aber nicht so deutlich gegeneinander abgegrenzt. Der **Mund**, der sehr groß (Aale) oder klein (Seenadeln) sein kann, führt in eine geräumige Schlundhöhle, welche die Kiemenbögen enthält. Diese Höhle liegt bei den meisten Fischen unter dem hinteren Teil des Kopfes, kann sich aber nach hinten bis in die Pektoralregion ausdehnen, wie bei den Aalen und Elasmobranchiern. Der Schlund verengert sich in eine muskulöse Speiseröhre (Ösophagus), die bei den Fischen nicht deutlich vom Magen geschieden ist. Der Ösophagus-Magen ist immer durch eine Verengung gegen das duodenale Ende des Dünndarms abgesetzt. Der letztere verläuft unter mannigfach verschiedener Form fast bis zum After. Ein Dickdarm ist kaum unterscheidbar; aber der Endabschnitt des Darms ist in vielen Fällen verdickt und bildet ein Rectum. Einige der in diesen Teilen vorkommenden Abweichungen mögen erwähnt werden, soweit sie physiologisch oder biologisch von Bedeutung sind.

Die Fische haben viele Reihen von **Zähnen**; es gibt kaum einen Knochen oder eine Region im Munde, die nicht bei der einen oder anderen Spezies Zähne trägt. Diese sind von derselben Art wie die Zähnnchen, die sich, besonders bei den Elasmobranchiern, in der Haut finden, und sind nicht in erheblichem Maße spezialisiert. Sie stehen selten in Alveolen und pflegen sich zu erneuern. Infolge gewisser Störungen in den Geweben der Jugendformen können einige Rudimente zu zusammengesetzten Zähnen verschmelzen, wie bei den Haifischen, Plektognathen und Characiniden; häufig sind sie aus denselben Ursachen auf feine Borsten reduziert, und oft fehlen sie völlig (Karpfen).

Einige Teleostier besitzen in den frühen Entwicklungsstadien „Milchzähne“. Diese bilden sich längs des Randes der Kiefer und erreichen bei einigen Hochseelarven (*Leptocephalus*) eine ansehnliche Größe. Eine interessante Beziehung zwischen diesen Zähnen und den sich entwickelnden Kiemenbögen wird später erwähnt. Auf dem letzten Kiemenbogen, der für diesen Zweck bei vielen Teleostiern umgebildet ist, befinden sich Schlundzähne.

Wenige Fische kauen ihre Nahrung; sie haben es gewöhnlich sehr eilig, diese herunterzuschlingen und nach mehr zu suchen. Aber bei den Lungenfischen, den Meeräschen (*Mugil*) und einigen Scariden findet ein gewisses Kauen statt. Bei den Mugiliden umgibt eine Anzahl dicker, fleischiger Anschwellungen die Schlundknochen und verhindert auf diese Weise das schnelle Herabgleiten der Nahrung in die Speiseröhre (s. S. XII. g 39).

Der **Ösophagus** ist einfach ein enges Rohr, und der Magen ist sein erweiterter, hinterer Teil. Es ist bei den Meeräschen mit Filamenten versehen und mehr als gewöhnlich mit Schleimzellen ausgestattet. Ferner besitzt der Magen in seinem vorderen (pylorischen) Teil sehr dicke, muskulöse Wände, die ähnlich wie der Kaumagen eines Vogels



zu funktionieren scheinen. Diese Bildung zeigt im Zusammenhang mit dem fast völligen Fehlen von Zähnen, daß die Fische nicht auf irgendeine spezielle Struktur beschränkt sind. Wenn sie ihrer Zähne verlustig gehen, so können sie ihre Zungen gebrauchen, wie *Myxine*, und wenn der Schlund die Nahrung nicht zerreißt oder zermahlt, so können sie ihren Magen dieser Aufgabe anpassen.

Bei den Clupeiden bildet der Magen einen *Blindsack*, an dessen Ende sich der Ausführungsgang der Schwimmblase befindet. Bei einigen Fischen, die den Clupeiden vielleicht nicht so fern stehen, erreicht der Sack sehr große Dimensionen, wie bei den Spierlingen (*Ammodytes*) und den Trachypteriden; auch bei den Perciden ist er groß. Bei andern indessen (Lippfische) bildet der Verdauungskanal ein einfaches grades Rohr, das sich nach hinten allmählich verengert.

Die physiologische Bedeutung der Art von Magen, die sich bei den Clupeiden findet, beruht einfach darauf, daß die Nahrung rund um den Sack herumkreist, bevor sie den Ausgang zum Duodenum erreicht. Der Clupeiden-Magen zeigt also den Anfang der S-förmigen Windung, die sich bei Elasmobranchiern und höheren Vertebraten findet. An der Stelle, wo der Magen in ein enges, aber deutliches Duodenum übergeht, findet sich eine Verengung, aber keine Klappe. Das Duodenum windet sich bei den Clupeiden und vielen anderen Fischen um sich selbst, so daß die Nahrung notwendigerweise langsam hindurchgleiten muß. Gerade an dieser Stelle ergießen verschiedene wichtige Drüsen ihre Fermente für die Verdauung der Nahrung.

Schleimdrüsen in Form von Becherzellen sind überall im Verdauungskanal vom Munde bis zum Rectum reichlich vorhanden. Bisweilen hat der Magen keine anderen Sorten von Drüsen, und wenn Verdauungs- oder gastrische Drüsen ausgebildet sind, so sind sie oft auf den ersten Teil beschränkt. Das verdauende Ferment (Pepsin) findet sich nicht nur im Magen, sondern auch im Darm, wie bei den Aalen und den Karpfen. Auch Säure absondernde Zellen sind im Magen vorhanden, doch sind sie nicht so speziell differenziert wie bei den höheren Vertebraten.

Der lange *Dünndarm* windet und schlingt sich vielfach um sich selbst, was einfach eine Folge des Wachstums ist. Die Windungen können getrennt bleiben, wie beim Barsch und vielen anderen, aber ihre Verschmelzung hat offenbar zu der Bildung von Spiralklappen verschiedener Art geführt, wie bei dem Clupeiden *Chirocentrus*, den Ganoiden und den Elasmobranchiern. Andererseits beginnt bei vielen Teleostiern das Drehen und Falten weiter nach vorn in der pylorischen Region, und Schlingen oder Windungen werden auf diese Weise bei einigen Clupeiden, den Gadiden, Plattfischen und Mugiliden gebildet (Fig. 4).

Eine Folge dieser Faltungen und Windungen ist auch hier wieder, daß die Nahrung langsam durch den Darm gehen muß. Man kann aber von diesen Dingen kaum als nützlichen Anpassungen sprechen. Es ist z. B. gesagt worden, daß die Spiralklappe der Elasmobranchier ein nützliches Organ sei, insofern sie die resorbierende Fläche des Darms vergrößert. Wären die in Betracht kommenden Fische Pflanzenfresser,



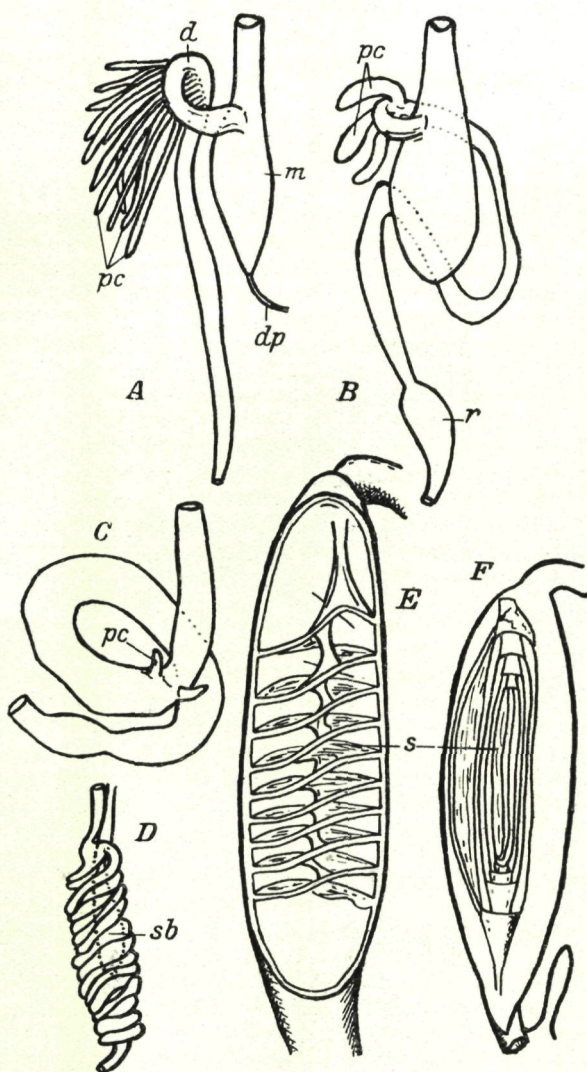


Fig. 4. Verdauungskanal: Windung des Darmes von A *Clupea harengus* L.; B *Perca fluviatilis* L.; C *Pleuronectes platessa* L.; D *Camptostoma*, einem Cypriniden (nach JORDAN, 1925; bei dieser Form macht der Darm viele Windungen um die Schwimmblase herum); E einer Rochenart; F einem Haie, *Sphyrna* (bei E und F, beide nach T. J. PARKER, 1885, sind vermutlich die Windungen zu einer Spiralklappe verschmolzen). — d Duodenum; dp Ductus pneumaticus; m Magen; pc Coeca pylorica; r Rectum; s Spiralklappe; sb Schwimmblase.



so könnte man diesen Gesichtspunkt gelten lassen, aber die Mehrzahl sind Fleischfresser (die Elasmobranchier fast ausschließlich), und man könnte eher glauben, daß für diese die Klappe eine Quelle von Gefahren sein muß. Wenn diese Fische z. B. einen großen Stein mit ihrer Nahrung herunterschlingen, so können sie sich nicht durch den After von ihm befreien; es sind Exemplare von Rochen gefunden worden, bei denen ein solcher Stein die Wandung des Magens durchscheuert und sogar ein Loch in die Haut gebohrt hatte.

Die Leber ist ein großes Organ bei den Fischen, besonders bei den Haien und liegt grade hinter dem Schultergürtel, nahe dem Herzen. Eine Gallenblase ist gewöhnlich, aber nicht immer ausgebildet, und es können bis zu drei Ausführungsgänge der Leber vorhanden sein. Die andere Verdauungsdrüse, das Pankreas, ist wohl entwickelt bei den Elasmobranchiern, dem Stör und den Larven der Teleostier; aber bei den erwachsenen Formen der letzteren wird es diffus, indem es in Form isolierter Läppchen im Mesenterium, zwischen Magen und Darm und selbst in der Substanz der Leber auftritt.

Neben diesen Hauptdrüsen gibt es eine dritte Reihe, welche den Fischen besonders eigentümlich ist, das sind die Pylorus-Anhänge (Appendices pyloricae). Diese öffnen sich in das hintere Ende des Duodenum und sind äußerst unregelmäßig in ihrem Auftreten. Sie fehlen vollständig bei den Elasmobranchiern, mit Ausnahme vielleicht des Eishaies (TURNER) und einiger Rochen (GEGENBAUR). Auch bei den Teleostiern fehlen sie in vielen Gruppen; einige Arten haben nur ein oder zwei (Blenniiden und Plattfische), während bei den Gadiden und Scombriden wohl über 100 vorhanden sein können (Fig. 4).

Was die Funktion dieser Organe anbetrifft, so dient die Leber, wie gewöhnlich, in der Hauptsache der Speicherung von Zucker und Fetten. Die Galle ist nicht ein aktives Agens bei der Verdauung selbst, sondern scheint die anderen Drüsen nur stimulierend zu beeinflussen. Kürzlich hat man gefunden, daß die kräftigenden Eigenschaften des vom Kabeljau stammenden Lebertrans bis zu einem gewissen Grade dem Vorhandensein akzessorischer Vitamine zu danken sind. Das Pankreas sondert gewisse Fermente ab (Amylopsin und Lipase), die imstande sind, Stärke in Zucker und Fette in Fettsäuren umzuwandeln. Die Pylorus-Anhänge sind wohl einfach resorbierende Organe; jedenfalls ist nicht sicher, ob sie für sich und unabhängig ein Verdauungssekret erzeugen. Der Dünndarm ist hauptsächlich ein resorbierendes Gebiet, und deshalb ist seine Schleimhaut in Falten und Furchen oder selbst Krypten gelegt. In manchen Fällen aber ist der Mitteldarm der Hauptsitz der aktiven Verdauung (KRUKENBERG).

Gegen das hintere Ende des Darms zu und nahe dem After findet sich bei den Elasmobranchiern dorsal eine kleine Anschwellung, welche als Analdrüse bekannt ist. Es ist ein drüsiges Organ, das sich in den Endteil des Darms öffnet. Seine Funktion ist unbekannt; einige Autoren waren der Meinung, daß es dem wurmförmigen Fortsatz der höheren Vertebraten homolog sei. Ein ähnlicher Blindanhang, der aber nicht drüsig und viel größer ist, kommt bei einigen Teleostiern



vor. Da er sich hier nach außen hin öffnet, so dient er vielleicht als hydrostatisches Organ.

Der Endabschnitt des Verdauungs-Traktus ist bei den verschiedenen Gruppen von Fischen sehr verschieden ausgebildet. Bei den Elasmobranchiern öffnet sich das Rectum in eine große Kloake, in welche auch die Ausführungsgänge für die Geschlechtsprodukte und die Harnwege einmünden. Ein Ansatz zu einer Kloake findet sich auch bei den Clupeiden, mit 4 unabhängigen Öffnungen — für das Rectum, die Schwimmblase, die Geschlechtsprodukte und den Harn. Manchmal aber ist die Zahl auf 3 reduziert, wenn sich der Ausführungsgang der Schwimmblase mit dem für die Geschlechtsprodukte vor der Ausmündung im Innern des Körpers vereinigt, oder es kann auch eine gemeinsame Urogenitalöffnung vorhanden sein. Das Rectum mündet bei den Teleostiern in der Regel gesondert und vor der gemeinsamen Urogenitalöffnung aus. Bei den Elasmobranchiern liegt die Kloakenöffnung hinten am Anfang der Schwanzregion; bei den Teleostiern dagegen kann sie fast jede Lage zwischen der Schwanznähe und der Kehle einnehmen. Diese Verschiedenheiten können mit dem Fehlen einer Spiralklappe bei diesen Formen in Zusammenhang gebracht werden, indem die Lage des Afters durch die Schlingen und Windungen des freien Darms bestimmt wird. Bei den Entwicklungsstadien vieler Teleostier findet man, daß der Darm ganz weit vorn unter der Kehle eine Schlinge machen kann, nur um sie später wieder auszuglätten. Diese Erscheinung findet sich, wenn auch nicht in extremer Ausbildung, bei der gewöhnlichen *Atherina* und selbst bei *Scomber*. Natürlich wechselt die Lage des Afters mit der Schlinge.

Es darf davon abgesehen werden, diese und ähnliche Erscheinungen bei den Fischen hier eingehend zu erörtern, aber es sei daran erinnert, daß die Verschiedenheiten des Verdauungstraktus einen großen Einfluß auf die Veränderungen der Form und des Baues gehabt haben.

3) Atmung. Die wesentlichen Elemente für ein Atemorgan bestehen einfach aus einer trennenden Membran mit Blut auf der einen Seite und einem Sauerstoff enthaltendem Medium auf der anderen. Im Hinblick auf den niederen und elementaren Zustand der Zellen und Gewebe ist es nicht überraschend, daß die Atemorgane der Fische sich als von mannigfach verschiedener Art erweisen.

Fast jeder Teil eines Fisches kann als Atemorgan dienen. Bei der jungen Brut gewisser Oberflächenfische (*Embiotocidae*\*) sind die Flossen reich mit Blutkapillaren ausgestattet und dienen offenbar als Atemorgane. Beim Schlammhüpfer (*Periophthalmus*) wird nach HICKSON der Schwanz als Atemorgan gebraucht, wenn der Fisch an einem Felsen in die Höhe klettert und den Schwanz ins Wasser hängen läßt. Ob auch die Haut von Fischen, wie bei den Fröschen, als Atemorgan dienen kann, wissen wir nicht bestimmt; aber es ist sehr wohl möglich, daß das bei den Lungenfischen und den aalähnlichen Fischen (z. B. *Amphipnous*), die außerhalb des Wassers leben können, der Fall ist.

\*) Zu den *Labriformes* gehörig.



Die Hauptbedingung ist, daß die Atemmembranen feucht gehalten werden, und es ist klar, daß die großen Schleimmassen, die von solchen Fischen abgesondert werden, in dieser Beziehung von Nutzen sein müssen.

Auch verschiedene Teile des Verdauungskanalns können für den Zweck der Atmung in Anspruch genommen werden. Der gemeine Schlammpeitzger (*Cobitis*) verschluckt willkürlich Luftblasen und läßt diese langsam durch den Dünndarm passieren, dessen Wände sehr gefäßreich sind, so daß man ihre Fähigkeit, Sauerstoff zu absorbieren, vermuten kann. Die Gewohnheit, Luft zu schlucken, ist sehr allgemein unter den Fischen, besonders bei Süßwasserformen, und wahrscheinlich sind durch diese Gewohnheit viele Veränderungen im Bau entstanden. Die kleinen Fische steigen an die Oberfläche, nicht nur um Fliegen zu fangen, sondern um zu atmen; wenn sie mit einem Netz oder dergleichen tief im Wasser gehalten werden, so sterben sie. Es ist in der Tat möglich, daß dies die primitivste Form des Atmens war. Das Vorhandensein von Kiemen hat sich bei einigen der primitivsten Fische (z. B. *Birkenia*) nicht feststellen lassen. Daher ist es interessant, zu sehen, daß viele Teleostier diese Art des Atmens in hohem Grade entwickelt haben. In den einfachsten Fällen (einige Clupeiden und die *Ophiocephalidae*) fängt sich die Luft in einem Hohlraum unter dem Kopfe, grade über den gewöhnlichen Kiemen, und die Auskleidung des Hohlraums ist sehr gefäßreich geworden. Ein Teil der eigentlichen Kiemen kann auch in den Hohlraum hineinragen. Bei verwandten Formen, den sogenannten Labyrinthfischen (*Anabantidae* und *Osphromenidae*) hat sich ein knöchernes Gebilde in der Höhlung von einem oder mehreren Kiemenbogen entwickelt, und die Gefäßmembran, die dieses Gerüst umkleidet, empfängt gewöhnlich venöses Blut, um es nach der Durchlüftung in die dorsale Aorta zurückzuleiten. Einige Siluriden besitzen eine ähnliche Vorrichtung.

In andern Fällen gelangt die Luft in lungenähnliche Säcke, die sich nach hinten bis nahe an den Schwanz ausdehnen können (*Sacbranchus*). Es ist wahrscheinlich, daß die Schwimmblase auf diese Weise durch die Einnahme von Luftblasen entstanden ist. Selbst gegenwärtig läßt sich noch feststellen, daß larvale Fische, die aus irgendeinem Grunde daran gehindert werden, an die Oberfläche aufzusteigen (Elasmobranchier und viele *Blennius*-arten), nicht den Versuch machen, eine Schwimmblase auszubilden, während solche, die an der Oberfläche geboren werden, sie fast immer besitzen.

Die sogenannten „Lungen“ der Dipnoer haben indessen wahrscheinlich keine Beziehung zur Schwimmblase. Die letztere entsteht ziemlich weit hinten, und ihr sehr enger Ausführungsgang entspringt, wenn er bestehen bleibt, dorsal vom Ösophagus-Magen. Bei den Lungenfischen aber ist der Ausführungsgang kurz und weit und öffnet sich ventral in das hintere Ende des Schlundes.

Die Kiemen oder eigentlichen Atemorgane der Fische sind an letzter Stelle zu erwähnen, weil sie, wie gesagt, wahrscheinlich die letzte Form von Atemorganen darstellten, die sich bei den ältesten Fischen bildete. Auch hat man bei den Larven gewisser Teleostier



(Clupeiden) gefunden, daß der mit Wimpern versehene Darm als Atemorgan dient, ehe die Kiemen sich entwickeln (WILLIAMSON).

Bei den ältesten Fischen waren, geradeso wie bei den heutigen Teleostiern, die Kiemen seitlich unter dem hinteren Abschnitt des Kopfes entwickelt. Die Bögen, auf denen sie sich entwickeln, stellen wahrscheinlich die unteren Hälften der Myomeren in dieser Region dar. Typisch sind 5 Bögen, aber der letzte ist teilweise modifiziert zu den schon erwähnten Schlundknochen. Manchmal ist jedoch die Zahl auf 3 reduziert, und die Kiemenblättchen sind entsprechend verringert, während bei anderen (Seenadeln) die Kiemenbögen so um sich selbst gebogen sind, daß die Kiemen zu Büscheln zusammengefaltet sind („*Lophobranchii*“).

Während also die Kiemenbögen vorn entstanden zu sein scheinen, gibt es doch viele Fälle, auch unter den Teleostiern, in denen sie während der Entwicklung in eine Lage weit hinter dem Kopf geraten. Das ist besonders bei den Aalen und den aalähnlichen Fischen der Fall, bei denen auch der Schultergürtel nach hinten gezogen ist und keine Verbindung mit dem Kopfe hat. Wahrscheinlich ist die rückwärtige Lage der Kiemenbögen bei den Elasmobranchiern eine sekundäre Erwerbung, die auf die gleiche Weise zustande kam. Manchmal liegen sie über den *P* (einige Haie), häufiger darunter (Rochen).

Auch gewisse Hilfseinrichtungen des Atemapparates verdienen Erwähnung. Bei den Teleostiern sind die Kiemen auf der Außenseite durch einen Kiemendeckel geschützt, der hauptsächlich aus zwei schuppenförmigen Knochen, dem Operculum und dem Suboperculum, gebildet ist und durch eine Anzahl von Branchiostegalstrahlen gestützt wird, die ihrerseits Auswüchse des Hyoidbogens sind. Ein Kiemendeckel war auch bei den ältesten Fischen vorhanden, und persistiert nicht nur bei den Teleostiern, sondern auch bei den Chimären und den *Chondrostei* (Stör). Bei den anderen Elasmobranchiern, die nicht so alt sind wie viele Knochenfische, sind die Kiemenbögen direkt mit der Haut verbunden, und die Spalten öffnen sich unmittelbar nach der Körperoberfläche.

Der Kiemendeckel dient als ein hinteres Atemventil. Daneben besitzen viele Fische (z. B. Kabeljau und Plattfische) auch vordere Atemventile. Diese kann man arbeiten sehen, wenn ein solcher Fisch im Aquarium beobachtet wird, namentlich wenn er in Ruhelage ist. Man bemerkt dann, eben innerhalb des Mundes, zwei Falten oder Hautlappen, die automatisch rückwärts und vorwärts schlagen. Sie legen sich nach hinten, wenn die Mundöffnung sich erweitert und Wasser eingezogen wird, während sie wieder nach vorn einen Abschluß bilden, wenn die Mundhöhle sich zusammenzieht und der Kiemendeckel sich öffnet, um das Wasser hinten durch die Spalten und über die Kiemen zu entlassen. Dieser Mechanismus ist, wie kaum gesagt zu werden braucht, bei den Elasmobranchiern nicht vorhanden.

Während die Luft, die vom Fisch aufgenommen wird, zur Entwicklung von Luftsäcken und Lungen geführt hat und das Wasser zur Entwicklung von Atemventilen, so haben die Nahrung und die festen Gegenstände, die durch den Mund eintreten, zu anderen Bildungen und An-



passungen Veranlassung gegeben. Die Kiemenblättchen sind bei den Teleostiern längs der Hinterränder der Bögen angeordnet; längs der Vorderränder finden wir eine parallele Reihe von groben Knöpfen oder schlanken Strahlen, die „Reusenzähne“ der Kiemen genannt werden, und wie die letzteren von großer Bedeutung sind. Verschiedenes spricht dafür, daß sie infolge des Reizes entstanden sind, den Fremdkörper auf die zarte Membran der Bogen ausüben; sie nehmen mit dem Wachstum des Fisches an Zahl zu (Fig. 5). Wo er sich hauptsächlich von andern Fischen oder hartschaligen Mollusken nährt, sind die Reusen-

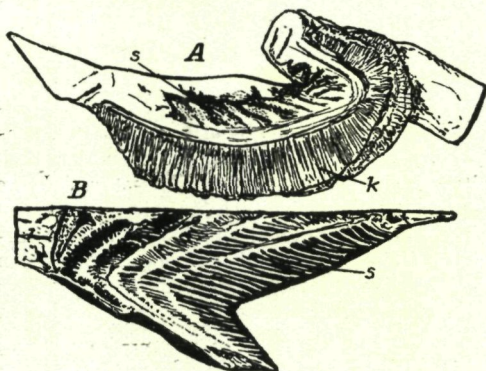


Fig. 5. Kiemenreusen, A beim Steinbutt (*Rhombus maximus* L.); B bei der Finte (*Clupea finla* Cuv.). — k Kiemenblättchen; s Reusenfortsätze oder -zähne. Nach ZANDER, 1906.

zähne fest und hart wie kleine Höcker, z. B. beim Steinbutt; wo er sich aber hauptsächlich von Plankton (treibenden und schwimmenden Organismen von geringer Größe) nährt, da sind die Reusenzähne lang und borstenähnlich (z. B. beim Hering). In beiden Fällen können sie verzweigt sein und so dicht nebeneinander auf den Kiemen-

bögen stehen, daß sie ein Sieb oder Filter bilden. Das vollkommenste Beispiel eines derartigen Siebes findet sich beim Riesenhai (*Selache*).

Es wäre jedoch irrig, zu schließen, daß die Lebensweise der Erwachsenen diese merkwürdige Vorrichtung ins Leben gerufen hätte. Sie ist die letzte von permanenten Strukturen, die bei den Teleostiern entwickelt werden, und ihre Ausbildung steht mit den Bedingungen während der frühen Lebensstadien im Zusammenhang. Einige Fische mit Einschluß des Aales haben keine Reusenzähne. Man kann daraus schließen, daß die jungen Leptocephalen auf ihrer dreijährigen Reise über den Atlantik keine reizausübenden Organismen antreffen, oder doch diese nicht in ihren Mund gelangen lassen. Daraus ersieht man die Bedeutung der langen, greifenden „Milchzähne“, die schon erwähnt wurden (s. S. XII. c 31). Andere Hochseefische, *Scopelidae* und ähnliche, ermangeln dieser Greifzähne, entwickeln aber dafür Reusenzähne.

Die Hauptfunktion der Reusenzähne besteht darin, die zarten Kiemenblättchen zu schützen, — wie man aus dem Gesetz von Aktion und Reaktion in der organischen Welt schließen kann. Mit der Nahrungsaufnahme sind sie nur sekundär verknüpft. Die Auswahl der Nahrung hängt, wie man glauben kann, von den Sinnen ab, und ein hungriger Fisch kümmert sich nicht um die Rücksicht auf seine Reusenzähne. Der Hering hat ein sehr gutes Filter, das die sperrigen Copepoden von



den Kiemen fernhält; aber er nährt sich in weitem Maße von jungen Fischen, besonders Sandspierlingen und großen Schizopoden (*Euphausiidae*). Formen, die im reinen Wasser leben, haben einen verhältnismäßig geringfügigen Filtrierapparat, diejenigen, die im Schlamm wühlen, besitzen ein feines Sieb. P. SCHIEMENZ besonders hat darauf hingewiesen, daß die Fische sich an verschiedene Arten von Nahrung halten, je nach der Jahreszeit und ihren Bedürfnissen, ohne Rücksicht auf die Beschaffenheit ihres Reusenapparates. Die Karpfen können als omnivor bezeichnet werden, da sie von Insekten, Schaltieren und selbst Pflanzen leben; dennoch haben sie ein solches Filter, was auf ihre Gewohnheit, im Schlamm zu wühlen, zurückzuführen ist.

Wenn der Reusenapparat überhaupt entwickelt ist, gibt immerhin sein Bau einen guten Hinweis auf die verschiedene Art der Nahrung.

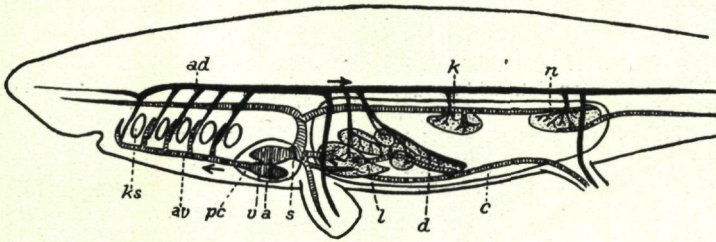


Fig. 6. Zirkulation des Blutes beim Haifisch. — a Atrium; ad Aorta dorsalis; av Aorta ventralis; c Leibeshöhle; d Darmkanal; k Keimdrüse; ks Kiemenspalte; l Leber; n Niere; pc Perikard; s Sinus venosus; v Ventrikel. Nach PARKER & HASWELL, 1897.

4. Zirkulation. Die Einrichtungen des Organismus zur Erlangung und Ausnutzung der Nahrung, würden von geringem Nutzen sein, wenn nicht ein Mechanismus vorhanden wäre, um die Produkte von einem Ort zum andern zu transportieren. Der Zweck der Verdauung ist, die Nahrungsstoffe in den Zustand einer Emulsion oder einer Mischung zu bringen, die ohne weiteres das Darmepithel durchdringen oder von ihm aufgesaugt werden kann. Auf der anderen Seite des Epithels befinden sich zwei Gruppen von Kanälen für die Aufnahme und Weiterbeförderung der Nahrung, das Blut- und das Lymphsystem. Das Blut nimmt die löslichen Teile aus der Emulsion, die Lymphe die fettigen. Durch die Tätigkeit des Herzens zirkulieren sowohl Blut wie Lymphe durch den Organismus, und die einzelnen Gewebe wählen daraus, was sie für den Zweck der „Assimilation“ brauchen.

Die Vorgänge und die dabei benutzten Hilfsmittel sind bei den Fischen prinzipiell dieselben wie bei höheren Vertebraten. So fließt das venöse Blut ventral nach vorn, vom Darmkanal durch die Leber zum Herzen und von da zu den Kiemen. Nachdem es in den Kiemen durchlüftet ist, fließt es dorsal in den Körper zurück (Fig. 6). Neben dieser allgemeinen Übereinstimmung finden sich im einzelnen auch viele Verschiedenheiten. In dieser Beziehung sei speziell auf die Eigentümlichkeiten hingewiesen, welche die niedrige Entwicklungsstufe, auf der die Fische stehen, andeuten.



Das Lymphsystem ist das hauptsächlichste Organ des Kreislaufs, wie es denn auch das ursprüngliche war. *Amphioxus* hat kein rotes Blut; die jungen Aale (*Leptocephalus*) leben 3 Jahre lang im Meere ohne solches; die Embryonen vieler Teleostier haben einen wohlentwickelten Kreislauf von farblosem Blut, und die Clupeidenlarven bekommen rotes Blut erst tagelang, nachdem sie ausgeschlüpft sind. Die anderen Fischgruppen aber sind schon von einem frühen Embryonalstadium an gut mit rotem Blut versehen.

Die Lymphe ist eine salzige, wässrige Lösung, die Eiweißstoffe und andere Substanzen enthält. Einige der Eiweißstoffe (Chromoproteide) enthalten einen Farbstoff, der bis zu einem gewissen Grade Sauerstoff aufnehmen und damit den Zwecken der Atmung dienen kann. Das sauerstoffführende Hämoglobin, ein zusammengesetztes Chromoprotein, ist in den Blutkörperchen der erwachsenen Fische und der höheren Tiere stets vorhanden. Diese Körperchen haben meist ovale Form (runde bei *Petromyzon*), sind bikonvex und mit einem Kern versehen. Von Wichtigkeit ist, daß das rote Blut immer in geschlossenen Gefäßen enthalten ist, während die Lymphe die Gewebe frei umspült. Bei den Clupeidenlarven geht die Entwicklung der Blutgefäße sehr langsam vor sich und kann leicht verfolgt werden. Geraume Zeit nach dem Ausschlüpfen zirkuliert die Lymphe in großen, offenen Räumen, und das einzige definitive Gefäß ist die dorsale Aorta.

Die Lymphe ist von Wichtigkeit nicht nur für die Atmung, sondern auch für die Ausbildung der Organe. Über dem Kopfe befindet sich bei den Larvenstadien oft ein großer Lymphsack, der sich manchmal rückwärts über die Pektoralregion ausbreitet. Er spielt wahrscheinlich bei der Ausbildung der Kopfknochen eine wichtige Rolle, und man kann annehmen, daß der bewaffnete Kopf und Rumpf der alten Fische mit Hilfe eines solchen Lymphorgans ausgebildet wurde. Bei vielen Formen löst sich auch die Haut von der darunter liegenden Muskulatur, und lymphoides Gewebe füllt die Zwischenräume aus, so z. B. bei Seezungen, Aalen und den *Pediculati*. Die Aale haben eine besonders große Menge von lymphoidem Gewebe und sogar ein Lymphherz im Schwanze. Wenn die Lymphe sich dort aus den freien Räumen des Körpers sammelt, so treibt das Herz sie in die Schwanzvene, und auf diese Weise kehrt sie in den Blutkreislauf zurück. Manche Fische haben auch in verschiedenen Teilen des Körpers Massen von lymphoidem Gewebe, z. B. der Stör auf dem Herzen. Da die Leukozyten des Blutes und der Lymphe eine Art Straßenpolizei des Körpers bilden, so stellen sie wahrscheinlich einfach die Speicherräume für Abfallmaterialien dar, die außerstande waren, aus dem Körper zu entweichen. Außerdem trägt die Lymphe zur Bildung wichtiger Drüsen bei, worauf später noch eingegangen wird.

Das Gefäßsystem der Fische zeigt einige interessante Verschiedenheiten. So können die Schwanzvenen nach vorn zum Herzen verlaufen, ohne Nieren oder Leber zu berühren (*Cyclopterus*), oder eine kann durch die Leber, die andere durch die Nieren gehen (Kabeljau und Barsch), oder schließlich können beide die Nieren und die Leber passieren (Aal). Letzteres findet sich auch bei den Elasmobranchiern



und Dipnoern, wie bei Fröschen und Sauropsiden. Welche Unterschiede diese verschiedenen Verhältnisse für den Stoffwechsel und das Leben des Fisches bedeuten, ist schwer zu sagen; aber die Verschiedenheiten weisen erneut auf die niedrige Stellung der Fische hin.

Auch das Herz der Fische zeigt in den verschiedenen Gruppen mancherlei Unterschiede. Es liegt unter den Kiemenbögen, unmittelbar vor dem Schultergürtel in einem Hohlraum (dem Perikard), der durch ein Septum vom Abdomen getrennt ist, wobei jedoch bei den Elasmobranchiern und einigen andern Fischen eine Kommunikation der beiden Hohlräume bestehen bleibt. Das Herz selbst besteht aus drei Kammern, einem Sinus venosus, der das venöse Blut aus dem Körper aufnimmt, einer Vorkammer (Atrium) und einer Kammer (Ventrikel). Der Sinus venosus und die Vorkammer haben sehr dünne Wände; die Kammer ist dagegen muskulös. Die Elasmobranchier besitzen neben diesen Hauptteilen einen muskulösen Conus arteriosus zwischen der Kammer und der ventralen Aorta; im Innern dieses Conus liegt eine Anzahl halbmondförmiger Klappen. Die Teleostier andererseits besitzen an dieser Stelle eine nichtmuskulöse Anschwellung (Bulbus arteriosus) mit nur einem Paar von Klappen (Fig. 7); nur *Albula*, eine Verwandte der Clupeiden, hat einen kleinen, muskulösen Conus und zwei Reihen von Klappen. Das komplizierteste Herz findet sich bei den Dipnoern. Die Vorkammer ist durch ein Septum in zwei Räume geschieden: das venöse Blut fließt, aus der Leber kommend, durch den rechten Abschnitt, während das durchlüftete Blut aus der Lunge in den linken eintritt. Außerdem hat auch die Kammer selbst ein unvollständiges Septum und der muskulöse Conus davor ist spiralig gedreht, wobei verschiedene von seinen Klappen zu einer Längsfalte zusammengewachsen sind. Die Folge ist, daß das venöse Blut mehr oder weniger vollständig von dem durchlüfteten getrennt ist. Hier haben wir den Anfang einer Verdoppelung der Herzkammern vor uns, die bei der Entstehung der höheren Formen eine so große Rolle gespielt hat. Bei den anderen Fischen enthält das Herz nur venöses Blut.

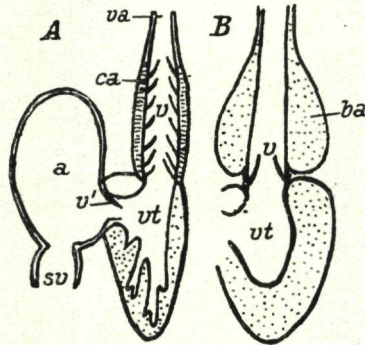


Fig. 7. Herz, A eines Elasmobranchiers, B eines Teleostiers. — a Atrium; ba Bulbus arteriosus; ca Conus arteriosus; sv Sinus venosus; v Klappen des Conus arteriosus; v' Atrio-ventrikularklappen; va Aorta ventralis; vt Ventrikel. Nach BOAS, 1894.

nur einem Paar von Klappen (Fig. 7); nur *Albula*, eine Verwandte der Clupeiden, hat einen kleinen, muskulösen Conus und zwei Reihen von Klappen. Das komplizierteste Herz findet sich bei den Dipnoern. Die Vorkammer ist durch ein Septum in zwei Räume geschieden: das venöse Blut fließt, aus der Leber kommend, durch den rechten Abschnitt, während das durchlüftete Blut aus der Lunge in den linken eintritt. Außerdem hat auch die Kammer selbst ein unvollständiges Septum und der muskulöse Conus davor ist spiralig gedreht, wobei verschiedene von seinen Klappen zu einer Längsfalte zusammengewachsen sind. Die Folge ist, daß das venöse Blut mehr oder weniger vollständig von dem durchlüfteten getrennt ist. Hier haben wir den Anfang einer Verdoppelung der Herzkammern vor uns, die bei der Entstehung der höheren Formen eine so große Rolle gespielt hat. Bei den anderen Fischen enthält das Herz nur venöses Blut.

Über die Ursachen, die zu diesen Verschiedenheiten des Herzbaues geführt haben, sei folgendes bemerkt: Bei den Elasmobranchiern sind Herz- und Gefäßsystem in einem viel früheren Embryonalstadium entwickelt als bei den Teleostiern. Das bedeutet einen intensiveren



Stoffwechsel und schnelleren Kreislauf zur Zeit der Ausbildung des Herzens. Daraus entstand wahrscheinlich der muskulöse Conus arteriosus mit seinen Klappen. Das Herz bildet sich, gerade an der Stelle, wo der stärkste Widerstand in den Geweben gegen den Durchtritt des Blutes vorhanden ist. Schließlich macht das Herz während seiner Entwicklung ähnliche Wandlungen durch, wie die beim Darm beschriebenen. Es dreht sich und macht eine Windung in sich selbst. Der einfachste Zustand findet sich bei den Teleostiern, der am meisten fortgeschrittene bei den Dipnoern.

5. Exkretion. Die Ausbildung eines wirksamen exkretorischen Systems ist offenbar eins der schwierigsten Probleme in der Entwicklung des Wirbeltiertypus gewesen. Die festen Nahrungsrückstände, die vom Organismus nicht aufgesaugt werden können, werden aus dem offenen Darmkanal durch Vermittlung des Rektums einfach entfernt. Die Kohlenhydrate der Nahrung sind nötig, um den Geweben Wärme und andere Energie zuzuführen, und die ausgeschiedene Kohlensäure wird durch das Blut nach den Kiemen verfrachtet, wo sie als Gas abgegeben wird. Aber die flüssigen Abfallprodukte, die aus Salzen und Protein- oder anderen Stickstoffverbindungen bestehen, müssen auch entfernt werden. Diese Salze (z. B. Phosphate, Urate und Kalkverbindungen) haben eine Neigung, kristallinische Niederschläge zu bilden. Da die Löslichkeit dieser Substanzen gegenüber den Flüssigkeiten in den verschiedenen Geweben und Teilen des Körpers eine wesentlich verschiedene ist, so sammeln sich diese Niederschläge an einigen Stellen stärker an, als an anderen. Auf diese Verschiedenheiten kann man den Ursprung und die Verteilung der Knochengewebe bei den Wirbeltieren zurückführen. Ursprünglich war der Knochen wahrscheinlich ein exkretorisches Produkt, um später, nachdem sein Nutzen „erwiesen“ war, ein integrierender Teil des Organismus zu werden. Als Beleg für die früheren Stadien dieses Prozesses, haben wir die gewaltigen Massen von kaum als „nützliche“ Knochen differenzierten Ablagerungen, die sich bei den fossilen Fischen, und auch bei einigen Fischen der Gegenwart (z. B. *Syngnathidae*) vorfinden, bei denen die Blutzirkulation in irgendeiner Weise behindert ist.

Dieser kurze Hinweis wird uns das Verständnis für das exkretorische System erleichtern. Die älteren Methoden der Exkretion mit Hilfe der Nephridien kommen bei Fischen kaum vor. Mit der Ausbildung einer neuen Körperform, waren die Fische einerseits genötigt, auf die primitivste Form der Exkretion zurückzugreifen, und andererseits ein neues System auszubilden, das sich infolgedessen bei ihnen in seinen verschiedenen Anfangsstadien vorfindet.

Die primitivste Form der Exkretion ist die durch Wanderzellen (Phagozyten). Diese Zellen bemächtigen sich anderer Zellen, die mit Abfallstoffen beladen sind, und versuchen sie aus dem Körper zu entfernen, entweder durch die Haut oder in die Körperhöhlen hinein, — überall wo sich Ablagerungsstellen finden, welche die innere Ökonomie des Organismus nicht beeinträchtigen. Die Fische, und namentlich die Teleostier, zeigen eine hohe Entwicklung dieser frühesten Art



von Exkretion. Guanin, ein Derivat des Purinkerns ( $C_5H_4N_4$ ), wird in großen Mengen in der Haut (Argenteum), im Peritoneum und in Teilen des Auges abgelagert. Die Ablagerung von anorganischen Verbindungen (Karbonaten und Phosphaten) ist wahrscheinlich von derselben Natur; sie führt zur Bildung von Schuppen, Zähnen und Schildern verschiedener Art. Bei den Teleostiern z. B. werden die Schuppen in der Haut angelegt, ehe das exkretorische Organ (Mesonephros) entwickelt ist.

Die Phagozyten können ihre Ladung auch in die Bauchhöhle entleeren, und die Analporen, die sich bei vielen Fischen, z. B. den Salmoniden, den meisten Elasmobranchiern und auch beim Stör finden, sind vielleicht im Zusammenhang mit dieser Art von Exkretion entstanden. Bei den Salmoniden dienen diese Poren auch zur Ablage der Eier.

Endlich kommen wir zu den eigentlichen Nieren, die in enger Verbindung mit dem Blutkreislauf entwickelt werden. Der zuerst gebildete Teil liegt unter den vordersten Wirbeln nahe dem Schädel und wird als Kopf- oder Vorniere (Pronephros) bezeichnet. Obgleich diese jederseits einen langen Ausführungsgang hat, der nach dem hinteren Ende der Bauchhöhle verläuft, und obgleich sie somit als Exkretionsorgan dient, so hat sie doch eine andere und vielleicht wichtigere Funktion, nämlich die, die roten Blutkörperchen zu bilden. Es scheint auch, daß die Ausführungsgänge der Kopfniere spät in der larvalen Entwicklung auftreten. Bei einigen Plattfischen und den Syngnathiden ist der Ausführungsgang nur auf der rechten Körperseite entwickelt, da die andere Seite von der Schwimmblase eingenommen wird.

Bei den Zyklostomen, scheinbar auch bei den Thunfischen und vielleicht noch anderen Teleostiern, persistiert nur die Kopfniere während des ganzen Lebens. Bei den übrigen Fischen wird später im postlarvalen (Teleostier) oder schon im Embryonalleben (Elasmobranchier) eine zweite Niere (Mesonephros) entwickelt und bildet sich zur funktionierenden Niere der Erwachsenen aus. Sie liegt weiter zurück in der Bauchhöhle, gerade unter den hinteren Bauchwirbeln; aber sie macht sich die ursprünglichen Ausführungsgänge der Kopfniere zunutze. In der Regel wird eine große Harnblase an der Verbindungsstelle der beiden seitlichen Ausführungsgänge entwickelt. Dagegen gelangt eine dritte Niere (Nachnieren, Metanephros), die funktionierende Niere der höheren Vertebraten, bei den Fischen, soweit bekannt, nicht zur Ausbildung.

6. Inkretion. Dieser Ausdruck wird gebraucht, um den Vorgang zu bezeichnen, bei dem gewisse Körperdrüsen ihr Sekret in das Gefäßsystem entleeren, statt in das Verdauungssystem oder nach außen hin. Wegen dieser Eigenart werden die Drüsen endokrine genannt und ihre Sekrete (Inkrete) Hormone, weil sie die Fähigkeit haben, die Tätigkeit anderer Organe des Körpers stimulierend zu beeinflussen. Man kann sie die Lebensflüssigkeiten des Körpers nennen, und sie haben



wegen ihrer großen Bedeutung für Gesundheit und Krankheit in neuerer Zeit die Aufmerksamkeit in hohem Maße auf sich gezogen.

Bei den Fischen ist über diese endokrinen Drüsen nur verhältnismäßig wenig bekannt; aber man darf annehmen, daß sie dieselbe Funktion haben wie bei höheren Tieren. Früher, als ihre Leistungen noch nicht genauer untersucht waren, wurden sie einfach als „Blutdrüsen“ bezeichnet, und am besten bekannt war die Milz. Diese ist bei den Fischen ein verhältnismäßig großes Organ und liegt nahe dem Magen, zwischen diesem und dem Dünndarm. Sie bildet ein wichtiges Zentrum für die Auflösung alter Blutkörperchen und die Entstehung von Leukozyten. Wie beim Lachs beobachtet ist, spielt sie auch eine wichtige Rolle bei den Stoffwechselprozessen der Laichperiode.

Das P a n k r e a s ist eine zusammengesetzte Drüse; der eine Teil ergießt sein Sekret in das Duodenum, um die Verdauung zu unterstützen; der andere, in sich geschlossene Teil gibt sein Sekret nur an die Lymph- und Blutkapillaren in seinem Innern ab. Der letztere besteht aus einer Anzahl einzelner Zellgruppen oder Inseln, und das Insulin, eine Substanz, die aus diesen „LANGERHANSschen Inseln“ hergestellt wird, hat sich als von großer Bedeutung in der Behandlung des Diabetes erwiesen. Es reguliert die Zuckermenge, die unter normalen Verhältnissen in der Leber gebildet wird, und wenn es in das Blut von Zuckerkranken eingeführt wird, so hat es die Wirkung, den Überschuß von Zucker, der sonst die Nieren überlasten würde, herabzusetzen. Im allgemeinen ist das Pankreas bei den Fischen ein diffuses Organ; aber bei den Elasmobranchiern und einigen wenigen Teleostiern (*Lophius*) ist es groß und kann daher als Quelle für die Gewinnung von Insulin dienen.

Die T h y m u s und die T h y r e o i d e a gehören ebenfalls zu den endokrinen Drüsen. Sie entstehen im Zusammenhang mit den Kiemenbögen, die erstere darüber, die letztere darunter. Ursprünglich haben sie als Schleimdrüsen eine gewisse Rolle an der Oberfläche des Körpers gespielt. Aber sie sinken in die Haut ein und nehmen die Struktur von geschlossenen, lymphoiden Organen an. Die Sekrete dieser beiden Drüsen scheinen in entgegengesetzter Richtung zu wirken; der Extrakt der Thyreoidea erhöht den Stoffwechsel in ähnlicher Weise wie eine Zunahme der Temperatur, während der Thymusextrakt den Stoffwechsel verzögert.

Einige andere endokrine Drüsen seien kurz erwähnt. Die N e b e n n i e r e ist wohl entwickelt bei den Fischen. Vielleicht kann auch die Kopfnieren als endokrines Organ funktionieren. Außerdem gibt es eine Anzahl rätselhafter Drüsen, welche im Schädel liegen und mit dem Gehirn in Zusammenhang stehen, über die wir aber eigentlich nichts wissen: die Hypophyse unter dem Hirn, die Zirbeldrüse (Glandula pinealis) und die Scheiteldrüse (Glandula parietalis) darüber, sowie der Endolymphatische Sinus der Dipnoer.

Schließlich verdienen auch die Hormone der Keimdrüsen Erwähnung. Diese Organe haben ebenso wie das Pankreas zwei verschiedene Funktionen. Außer der Produktion von Geschlechtszellen



bilden sie Hormone, die einen tiefgehenden Einfluß auf die allgemeinen Körperfunktionen sowie auf die Entwicklung gewisser Organe, besonders aber der sekundären Geschlechtsmerkmale, haben. Mit dieser modernen Auffassung der Hormone und ihres Einflusses sind wir jetzt in der Lage, mancherlei, das uns früher verborgen war, zu verstehen, z. B. warum diese sekundären Merkmale schon lange bevor sie gebraucht werden, sich entwickeln. Den Inkreten der endokrinen Organe kommen die regulierenden Einflüsse im Organismus zu, und sie sind auch für das Verständnis des Begriffes „Erblichkeit“ von Bedeutung. Ohne Zweifel werden diese Einflüsse von Generation auf Generation weitergegeben, genau wie morphologische Merkmale, aber anscheinend ohne eine bestimmte strukturelle Grundlage. Da die endokrinen Organe zuerst bei den Fischen auftauchen, so kann man bis zu diesen zurück, diejenigen Eigenschaften verfolgen, welche die höheren Formen des Lebens und der Betätigung möglich gemacht haben.

7. Fortpflanzung. Bei den höheren Vertebraten sind die Fortpflanzungsorgane und die Exkretionsorgane sehr eng miteinander verbunden, und das ist auch bei den Elasmobranchiern der Fall. Dennoch besteht keine organische Verbindung zwischen ihnen; aber da die Produkte der beiden nach außen entleert werden müssen, so sind die Ausführungsgänge im Laufe der Entstehung miteinander verbunden worden. Der ursprüngliche Zustand findet sich wahrscheinlich bei den Teleostiern. Hier werden die Gonaden in Taschen der Bauchhöhle entwickelt, die durch das Peritoneum und die Schwimmblase von der Niere getrennt sind. Die Ausführungsgänge von jeder Seite vereinigen sich und bilden bei den Clupeiden eine einzige Öffnung nach außen, die von der Harnröhre ganz getrennt ist. Bei den Aalen, dem Lachs und anderen entwickeln sich beim ♀ die Ausführungsgänge nicht, und die Geschlechtsprodukte fallen einfach in die Bauchhöhle, um durch die Abdominalporen (s. S. XII. c 43) entleert zu werden. Bei der Verlegung des Afters nach vorn vereinigen sich bei vielen Teleostiern die Ausführungsgänge der Geschlechtsorgane in der Nähe ihrer Mündung mit der Harnröhre, um eine einzige gemeinsame Urogenitalöffnung zu bilden, wie beim Kabeljau, den Barschen usw.

Bei andern Fischen, Elasmobranchiern und Dipnoern ist die Entwicklung eine ganz andere. Namentlich kommt die Schwimmblase nicht in den Weg, und die Geschlechtsorgane entwickeln sich in engerer Verbindung mit den Nieren. Gerade wie bei den Salmoniden (*Osmerus*) liegen die Organe frei in der Bauchhöhle, und ihre Produkte könnten wie bei jenen durch die Abdominalporen ins Freie gelangen. Bei den ♂ bleiben die Ausführungsgänge wesentlich so wie bei den Teleostiern, aber bei den ♀ scheint sich der nach vorn offene Ausführungsgang durch eine Längsspaltung des Nierenausführungsganges zu bilden. Wenn die Eier in die Bauchhöhle hineinfallen, so werden sie von der gefranzten Mündung des Ganges aufgefangen und in dem letzteren befruchtet. Bei den lebendig gebärenden Elasmobranchiern entwickeln sich die Embryonen dann in den Ovidukten, bei den lebendig gebärenden Teleostiern dagegen werden sie in den Ovarien ausgebildet.



8. Sinnesorgane und Nervensystem. Die Sinnesorgane und das Nervensystem gehören dem äußeren Keimblatt des Körpers (Epiblast) an, also der Schicht, die in unmittelbarer Berührung mit der Umgebung ist. Ursprünglich war es ein und dieselbe Zelle, die Botschaften von der Umgebung empfing und auf sie antwortete, und bis zu einem gewissen Grade hat sich diese Fähigkeit bei den Fischen erhalten oder wieder belebt. Aber mit der Differenzierung des Körpers sind die Funktionen getrennt worden, und die Antworten werden von anderen Geweben, Muskeln und aus diesen entwickelten Strukturen gegeben, die vom mittleren Keimblatt (Mesoblast) abzuleiten sind. Um die Verbindung zwischen der Oberfläche und den tiefer liegenden Organen aufrechtzuerhalten, ist ein kompliziertes Netzwerk von Drähten (Neuronen) entwickelt worden, das zur Zentralstelle hin und von ihr fortführt. Das sensorische System nimmt die Botschaften auf, die Zentralstelle koordiniert sie, und das motorische System übermittelt die Antwort.

Die vielleicht interessanteste Tatsache, welche mit der Organisation dieses komplizierten Netzwerks von Verbindungen verknüpft ist, besteht darin, daß das Zentralnervensystem bei seiner Entwicklung noch aus Zellen der Oberflächenschicht entsteht. Wir wissen nicht, wie sich der Wechsel von der Oberfläche zu einer tieferen Lage vollzogen hat; aber der Vorgang ist kurz folgender: Gewisse Zellreihen längs des Rückens, diejenigen, die der Außenwelt am nächsten liegen, vermehren sich und werden nach innen eingestülpt (Invaginierung), als wenn für sie an der Oberfläche nicht genügend Raum vorhanden wäre. Bei den höheren Vertebraten bildet sich auf diese Weise eine Grube, welche zum Kanal wird, wenn die Seiten in die Höhe wachsen und sich oben treffen, und das ist auch bei den *Chondrichthyes* und *Dipneusti* der Fall — ein Beweis für den vollkommeneren Zustand dieser Formen. Bei einigen Zyklostomen indessen (*Petromyzon*) und bei den anderen *Osteichthyes* bildet sich keine Grube, und der einwärts wachsende Kiel von Epiblastzellen ist zuerst solid; das Medullarrohr im Innern entsteht später. In beiden Fällen aber bläht sich das Medullarrohr in der Kopfregion auf und entfaltet die drei Primärbläschen, das Vorder-, Mittel- und Hinterhirn, während der Rest des Rohrs das Rückenmark bildet. Durch diesen Prozeß kommt das Zentralsystem in die Mitte zwischen die empfangenden Zellen und die Antwort gebenden Organe zu liegen.

Eine weitere interessante Tatsache ist die, daß die Epiblastzellen immer dieselben Entwicklungen durchmachen, wo sie sich auch in Spezialorgane umbilden mögen. Sie können als Endknospen an der Oberfläche bleiben, ziehen sich aber in der Regel in die Haut zurück und bilden hier Gruben oder Taschen. Die Zellen an den Seiten dieser Gruben werden drüsig und sondern Substanzen verschiedener Art ab, die gerinnen und sich miteinander zu festeren Körpern verbinden können, während die Zellen an der Basis sensorisch und haarartig sind und durch die Vermittlung von sensorischen Nervenfasern mit dem Zentralsystem verbunden bleiben.

Schleimabsondernde und drüsige Organe werden auf dieselbe Weise gebildet und man glaubte früher, daß die charakteristischen Sinnes-



organe der Fische, das System der Seitenlinie, einfach aus Schleimorganen bestände. Tatsächlich ist es etwas schwierig, eine scharfe Grenzlinie zwischen Schleimorgan und den einfachsten Sinnesorganen zu ziehen, und es kann wohl möglich sein, daß alle Sinnesorgane (Ohr, Nase, und in hohem Grade auch das Auge) aus Schleimdrüsen entstanden sind. Theoretisch können dieselben auch an beliebiger Stelle auftreten.

Damit ist in Kürze der besondere Zustand charakterisiert, der sich bei den Fischen findet: Schleimgruben und Spaltpapillen können irgendwo in der Haut vorkommen, besonders bei den Teleostiern. Bisweilen stehen sie auf Erhöhungen; aber meist sinken sie in die Haut ein, und die Nervenendigungen werden in Schleim und Drüsengewebe eingebettet. Bei den höheren Vertebraten beschränken sich diese auf den Mund in Form von Geschmacksknospen, und dasselbe ist bei den Dipnoern der Fall; bei andern Fischen sind sie, wie gesagt, über die Körperoberfläche zerstreut.

Diese Endknospen haben wenigstens zwei Funktionen, eine mechanische und eine chemische. Die erstere erkennen wir besonders, wenn die Endknospen auf kleinem Raum zusammengehäuft sind, wie z. B. auf den freien Pektoralstrahlen der Knurrhähne und auf den Barteln von Gadiden und andern Fischen.

Die chemische Funktion, bei der die Endknospen als „Geschmacksorgane“ dienen, zeigt sich auf verschiedene Weise. So hat man z. B. bei den Siluriden, die sehr kleine Augen haben, experimentell gefunden, daß der Fisch sich dreht und sofort in der Richtung auf die Nahrung einstellt, wenn diese in der Nähe irgendeines Körperteils dargeboten wird. Bei der Seequappe (*Onos*) zieht die vibrierende vordere *D* einen Wasserstrom (mit den darin enthaltenen Partikelchen) durch eine Grube, die jederseits am Rücken verläuft. Die Gruben sind reichlich mit erhöhten Endknospen versehen, die offenbar als Geschmacksorgane dienen (s. Teil XII. g<sub>2</sub>).

Diese Endknospen können daneben als Wärmemesser fungieren, da die sensorischen Zellen auch auf Wärme und Kälte reagieren. In manchen Fällen sind sie außerdem imstande, Botschaften auszusenden; denn die sogenannten Photophoren (Licht- oder Leuchtorgane) der Fische sind in ganz derselben Weise gebaut. In dem hier in Betracht kommenden Gebiet besitzen nur sehr wenige Fische solche Photophoren; aber es sei darauf hingewiesen, daß sich die ältere Ansicht, wonach solche Fische den großen, ozeanischen Tiefen angehören, in neuerer Zeit als irrig erwiesen hat. Leuchtorgane finden sich hauptsächlich bei Fischen, die an der Oberfläche leben, auch im Süßwasser, und in den tropischen und subtropischen Gewässern bis herab zu Tiefen von etwa 500 m. Von den in größeren Tiefen lebenden Fischen haben nur wenige solche Organe. Der Bau der Photophoren wechselt zwischen einfachen Gruben und komplizierten, augenähnlichen Organen. Neuerdings haben BUCHNER u. a. gezeigt, daß die Leuchtkraft jedenfalls in einigen Fällen der Anwesenheit von Bakterien zu verdanken ist. Diese finden ihren Weg in die Gewebe des Fisches, und ihre Anwesenheit führt zur Umbildung der Drüsenzellen zu Myzeto-



zyten und der Drüsen zu Myzetomen. Diese wichtige Entdeckung in Verbindung mit HJORTs Feststellungen, daß gewisse Bedingungen von Licht und Wärme für ihr Vorkommen erfüllt sein müssen, haben neues Interesse für die Untersuchung dieser Lichtorgane erweckt.

Noch eine weitere wichtige Tatsache, die mit diesem primitiven Schleimorgan in Verbindung steht, sei kurz erwähnt. Bei *Malapterurus*, dem Zitterwels des Nils, ist das Drüsensystem der Haut, welches den ganzen Körper wie ein Überzug bekleidet, in ein kräftiges Elektrisches Organ umgewandelt worden, das wesentlich denselben Bau aufweist wie die Organe, die bei andern Fischen (z. B. Rochen) aus umgebildeten Muskelzellen entstanden.

Diese Beispiele sind zugleich bezeichnend für die Stufe, welche die Fische auf der Leiter der Entwicklung erreicht haben. Die Fähigkeit der Zellen, verschiedene Funktionen auszuüben, Botschaften zu empfangen oder strahlende Energie auszusenden, beweist das Vorhandensein einer elementaren Kraft in ihnen, die bei den höheren Vertebraten verloren gegangen ist.

Bei den Elasmobranchiern können die Schleimgruben in subkutane Kanäle (LORENZINISCHE Ampullen) ausgezogen sein, die ihrerseits in einer verzweigten Erweiterung mit Sinneszellen endigen. Aber das charakteristischste Organ dieser Art findet sich in dem sogenannten System der Seitenlinie. Hier sind die Sinnesorgane in regelmäßigen Linien auf dem Körper und Kopf angeordnet; zuerst sind sie auf der Oberfläche und werden längs eines Epiblaststranges ausgebildet, der in der Kopfregion entspringt; dann sinken sie in eine Epidermisgrube, die sich in einen geschlossenen Kanal mit einer Reihe äußerer Öffnungen umwandelt, entsprechend den Sinnesorganen. Wenn sich Schuppen in der Haut entwickeln, so nehmen diejenigen, welche die Organe der Seitenlinie umgeben, eine von den anderen verschiedene Gestalt an, und man kann infolgedessen die Linien ihrer Anordnung über Kopf und Körper leicht verfolgen. Bei den Teleostiern findet sich gewöhnlich nur eine Linie auf dem Körper, manchmal überhaupt keine, wie bei den Clupeiden. Aber bei manchen Spezies sind zwei und mehr vorhanden. Bei einigen Elasmobranchiern bleibt der Kanal offen, ist aber durch Randplatten oder Zähne geschützt. Bei der primitiveren *Chimaera* liegen die Sinnesorgane in offenen Gruben, während sie bei den Dipnoern ihre oberflächliche Lage auf der Haut beibehalten (Fig. 8).

Die sensorischen Funktionen der Seitenlinie sind genauer von PARKER und HOFER studiert worden. Diese Organe werden nicht gereizt durch Licht, Wärme, Salzgehalt, Nahrung, Sauerstoff, Kohlensäure, Druck, Strömung oder Geräusche. Sie werden nur durch zarte Vibrationen im Wasser mit niedriger Frequenz von 6 pro sec gereizt. Dadurch wird verständlich, wie blinde Fische in Höhlen Hindernisse vermeiden können. Die Reflexwellen, die durch ihre eigenen Bewegungen erzeugt werden, geben ihnen Kunde, wenn sie sich irgendeinem festen Gegenstand nähern.

Die Organe der Seitenlinie scheinen auch für die Orientierung von Bedeutung zu sein. Verschiedene Stromstärken auf beiden Seiten des Körpers können dem Lachs helfen, seinen Weg in das Süßwasser und



stromaufwärts zu finden, wie HOFER annimmt. Ferner sind sie nützlich für die Erhaltung des Gleichgewichts. Wenn P und V entfernt werden, so zeigt sich, daß der Fisch seine aufrechte Stellung doch noch solange beibehalten kann, wie die Seitenlinie intakt bleibt.

Die Geruchsorgane werden ebenfalls aus Schleimgruben gebildet; sie sind paarig zu beiden Seiten der Schnauze, und jedes hat

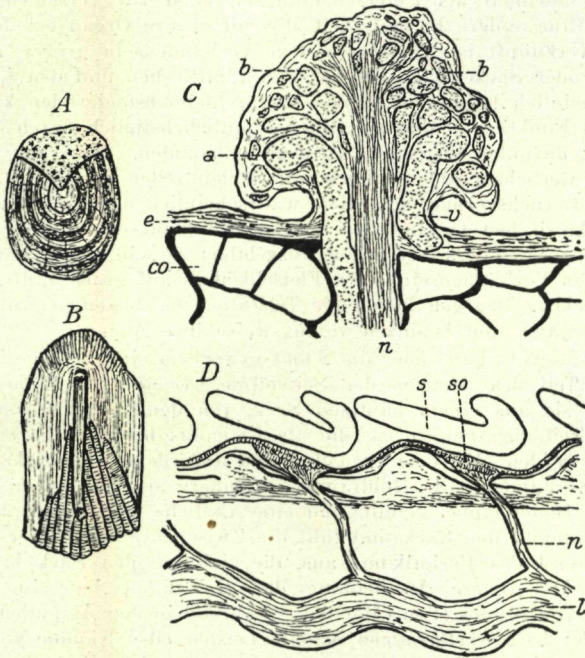


Fig. 8. Hautsinnesorgane. A Gewöhnliche Zykloidschuppe (Lachs); B Zykloidschuppe der Seitenlinie bei *Odax*; C Endknospe (Tastorgan?) bei *Malthopsis*. (a Arterie; b Kapillaren; co Corium; e Epithel; n Nerv; v Vene); D Schnitt durch die Organe der Seitenlinie von *Amia* (l Nervus lateralis; n Nervenzweig; s Schuppe; so Sinnesorgan). — B bis D stärker vergrößert als A; B nach GÜNTHER, 1886, C nach TROJAN, 1905, D nach ALLIS, 1908.

in der Regel zwei Öffnungen, entsprechend wahrscheinlich zwei getrennten Gruben. Aber bei vielen ist auch nur eine äußere Öffnung vorhanden, so bei den Elasmobranchiern auf der Ventralseite der Schnauze, gerade vor dem Munde. Bei den Dipnoern setzt sich die Grube, die das Geruchsorgan enthält, in den Mund hinein fort. Aber ihre innere Öffnung ist wahrscheinlich nicht homolog mit den inneren Nasenöffnungen der höheren Vertebraten. Bei den Zyklostomen ist das Organ unpaar und befindet sich in einer mittleren Lage; aber wahrscheinlich ist dies eine sekundäre Erwerbung; Rudimente des paarigen Organs sind bei den frühen Embryonalstadien



vorhanden, — wieder ein Argument zugunsten der Ansicht, daß die Zyklostomen tatsächlich degenerierte Fische sind.

Die innere sensorische Membran steht durch die sich nach vorn erstreckenden Riechlappen (Lobi olfactorii) in enger Verbindung mit dem Gehirn. In den meisten Fällen ist die Membran in parallele Falten gelegt; aber bei vielen Teleostiern sind diese Falten in Form einer Rosette um eine mittlere Rhachis angeordnet. Diese besonderen Unterschiede dienen manchmal als Unterscheidungsmerkmal für verschiedene Familien. Eine andere Besonderheit, die mit diesem Organ bei den Teleostiern verknüpft ist, besteht in dem Vorhandensein großer, schleimabsondernder Säcke, wie z. B. bei den Plattfischen und den Labriden. Wahrscheinlich haben diese außer der schleimabsondernden keine besonderen Funktionen, und sie sind vermutlich lediglich durch die Verlagerung darunter liegender Knochen entstanden. Bei allen Fischen sind die Geruchsorgane reichlich mit Schleimzellen versehen.

Das Geruchsvermögen variiert wahrscheinlich mit der Entwicklung des olfaktorischen Organs. Am stärksten scheint es bei den Elasmobranchiern, besonders den Haien, ausgebildet zu sein, die imstande sein sollen, das Vorhandensein eines Fleischköders auf große Entfernungen zu entdecken. Dagegen haben die Teleostier meist weniger entwickelte Geruchsorgane, und benutzen vorzugsweise ihre Augen.

Das „Gehörorgan“ oder die Statocysten sind der spezialisierte vordere Teil des Systems der Seitenlinie. In ihrer typischen Form bestehen sie aus einem häutigen Sack, von dem ein oberer und ein unterer Teil abgeschnürt ist, die als Utriculus bzw. als Sacculus bezeichnet werden. Mit dem Utriculus sind außerdem 3 halbzirkelförmige Kanäle verbunden. Die Hohlräume im Innern sind mit einer Flüssigkeit, der Endolympe, gefüllt, und eine ähnliche Flüssigkeit, die Perilymphe, umgibt den Sack und füllt die Zwischenräume in der knorpeligen Kapsel des Periotikums aus, die sich um den Sack herumentwickelt. Die innere Auskleidung der Hohlräume hat eine Anzahl Gruppen von Sinneszellen (Maculae), während in den Ampullen an den Enden der halbzirkelförmigen Kanäle Leisten oder Kämme vorhanden sind.

Die Zyklostomen besitzen ein derartig gut entwickeltes Labyrinth nicht. Bei *Myxine* ist nur ein halbzirkelförmiger Kanal vorhanden, und das ganze Organ besteht aus einem einfachen Sack; bei *Pelromyzon* existieren zwei Kanäle, wobei der horizontale fehlt. Keine Verbindung mit der Außenwelt hat der Sack dagegen bei den Teleostiern. Jedoch findet sich bei den Elasmobranchiern ein Ductus endolymphaticus, der sich mittels eines Porus auf der Oberseite des Kopfes öffnet. Bei vielen Teleostiern ist jedoch eine sekundäre Verbindung mit der Außenwelt durch Vermittlung der Schwimmblase entstanden, wie schon S. XII. c 17) erwähnt war.

Die Endolympe im „Gehörsack“ sezerniert verschiedene Körper von kalkiger Beschaffenheit. Bei den Elasmobranchiern findet man eine ganze Anzahl solcher kleinen „Otolithen“ (besser Statolithen), bei den Teleostiern dagegen gewöhnlich nur 3: eine große Sagitta im Utriculus und die viel kleineren Asteriscus und Lapillus im Sacculus und



in dessen Anhängsel, der Lagena. Die Sagitta hat sich als sehr nützlich erwiesen für die Unterscheidung der Arten und auch (ebenso wie die Schuppen) für die Feststellung des Alters des einzelnen Fisches. Letzteres beruht auf dem Umstand, daß der Kalk nicht das ganze Jahr hindurch gleichmäßig abgelagert wird. Im Sommer wächst der Otolith ebenso wie der Fisch schneller, und es wird mehr Kalk abgesondert; im Winter ist das Wachstum auf ein Minimum reduziert, und es findet wenig oder gar keine Ablagerung von Kalk statt. Die Folge ist, daß der Otolith abwechselnd helle und dunkle Ringe aufweist. Man muß jedoch beachten, daß die Intensität der Kalkablagerung mit dem Ernährungszustande des Fisches wechselt, so daß ebenso wie bei den Schuppen, Zwischenzonen auftreten können. Die Klarheit der Ringe ist auch bei verschiedenen Arten eine wechselnde (s. S. XII. h 48).

Ebenso wie die Sinnesorgane der Seitenlinie ist das „Gehörorgan“, die Statozysten, hauptsächlich an der Aufrechterhaltung des Gleichgewichts des Fisches beteiligt. Wenn das Labyrinth zerstört wird, so verliert der Fisch die Kontrolle über seine Bewegungen und fällt in den meisten Fällen auf den Rücken. Das Organ dient auch dazu, um Druckverschiedenheiten in der Umgebung anzuzeigen, z. B. solche, die durch Erschütterungen von größerer Stärke entstehen als diejenigen, welche die Seitenlinie beeinflussen. Es ist bemerkenswert, wie empfindlich eine Forelle gegen einen unvorsichtigen Schritt am Ufer eines Baches ist. Dasselbe Organ gibt dem Fisch beim Schwimmen einen Anhalt für die einzuschlagende Richtung, wahrscheinlich durch eine Lageveränderung der Statolithen innerhalb des Labyrinths.

Ob die Fische hören wie wir, ist sehr zweifelhaft. Den Fischern ist es wohl bekannt, daß sie beliebig viel Geräusch machen können, ohne den Fisch zu stören, solange das Boot nur ruhig im Wasser liegt. Weiter hat der Fisch kein äußeres Ohr, um die Laute, denen unsere Ohren angepaßt sind, aufzunehmen. Damit ist aber nicht ausgeschlossen, daß sie gegen andere Wellenlängen empfindlich sein können; es ist auch sicher, daß jedenfalls einige Fische Laute, die wir kennen, vernehmen können. Man sagt, daß der amerikanische Kattfisch *Amiurus* auf ein schrilles Pfeifen reagiert. Es ist auch Tatsache, daß einige Fische Laute, die innerhalb unserer Hörgrenze liegen, von sich geben, z. B. die Knurrhähne und insbesondere die Trommelfische (*Sciaenidae*). Diese Laute sind zum größten Teil unwillkürlich, z. B. ein Zischen, wenn das Wasser aus der Kiemenhöhle gepreßt wird, oder ein kratzender Ton, wenn sich rauhe Flossenstrahlen aneinander reiben, oder ein tieferer Laut, wenn die Schwimmblase zusammengepreßt wird. Beim Trommler finden wir indessen in Verbindung mit der Schwimmblase und ihren seltsamen Ausbuchtungen wohlentwickelte Muskeln, die wahrscheinlich dazu dienen, willkürlich Vibrationen der Schwimmblasenmembran hervorzurufen.

Ebenso wie eine Seitenlinie und ein statisches Organ, so ist ein Organ für die Aufnahme von Lichtreizen nur bei sichbewegenden Körpern vorhanden. Man kann sagen, daß es infolge dieser Bewegung entstanden ist; später wird es zur Regulierung der Bewegungen benutzt.



Das Auge der Fische (s. Fig. 9) ist in wesentlich derselben Weise wie das der höheren Vertebraten gebaut; aber die kugelförmige Linse hat eine fixierte Größe, und deshalb ist das Sehvermögen der Fische relativ beschränkt; weiter ist die Hornhaut vorn flach, statt gewölbt. Die Fische haben kein äußeres Augenlid und auch keine Tränendrüsen, doch besitzen viele einen gelatinösen Überzug über dem Auge, der als „Fettlid“ bekannt ist, obwohl er wesentliche Mengen von Fett nicht enthält. Bei der Makrele überdeckt er den ganzen Augapfel mit Einschluß des davor und dahinter gelegenen Kopfteils und läßt nur einen schmalen Spalt vor der Pupille frei. Die Bedeutung

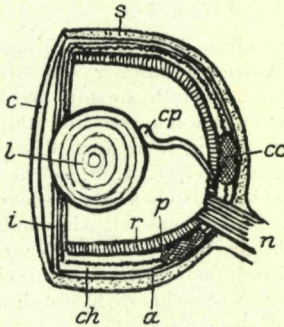


Fig. 9. Auge eines Fisches. — a Argentea; c Cornea; cc Glandulae chorioideae; ch Chorioidea; cp Campanula Halleri; i Iris; l Linse; n Nerv; p Pigmentschicht; r Retina; s Sclerotica. Nach PARKER & HASWELL, 1897.

dieses Fettlids, welches sich besonders bei solchen Fischen findet, die in wechselnden Tiefen leben, ist nicht sicher bekannt. Ein ähnliches Gebilde findet sich bei den Haien, namentlich bei dem Riesenhai in Gestalt einer Nickhaut. Diese ist eine Fortsetzung der Haut am unteren Augenrande und kann wie eine Klappe in die Höhe gezogen werden. Wahrscheinlich dient sie als ein Schutz gegen Lichtstrahlen, und das trifft auch für die wohlentwickelte Nickhaut beim Sonnenfisch (*Orthogoriscus*) zu, die einen Schließmuskel (Sphincter) mit 5 radial angeordneten Retraktoren besitzt.

Obwohl die Linse des Fischauges eine fixierte Größe hat, so besitzt sie doch auf der Rückseite der Chorioidea, die sie bekleidet, einen kleinen Muskel (Campanula Halleri), der sie bis zu einem gewissen Grade nach rückwärts ziehen kann. Aber wenn auch die kugelförmige Linse auf diese Weise rückwärts- und vorwärtsbewegt werden kann, so dürfte doch das auf der Retina entstehende Bild nicht sehr scharf und deutlich sein. Es kommt hinzu, daß bei den meisten Fischen die beiden Augen nicht gleichzeitig auf dasselbe Objekt eingestellt werden können, so daß die Empfindungen für Perspektive oder Entfernung nur unvollkommen sein können, woraus sich weiter ergibt, daß die Gesichtsempfindungen der Fische von den unsrigen verschieden sein müssen. Vielleicht sind sie nicht mehr als ein unbestimmter Unterschied von Licht und Schatten mit einer wechselnden Wahrnehmungsfähigkeit für Formen und Farben.

Nach der Duplizitätstheorie sind die Zapfen der Retina die auf Licht und Farbe reagierenden Elemente, während die Stäbchen „farbenblind“ sind und hauptsächlich bei schwachem Licht oder in der Dunkelheit in Funktion treten. In Übereinstimmung mit dieser Theorie hat BRAUER gefunden, daß die Tiefseefische nur Stäbchen und keine Zapfen



enthalten (v. FRISCH). Eine andere bemerkenswerte Tatsache besteht darin, daß die relative Größe der Zapfen und Stäbchen bei den verschiedenen Fischen sehr wechselt, während ihre Dichtigkeit sogar in verschiedenen Regionen des Auges eine wechselnde ist (WUNDER).

**Augenstellung.** Bei einigen Fischen bringt die Form des Kopfes die beiden Augen dichter zusammen, so z. B. beim Himmels-gucker (*Uranoscopus*), sowie bei einigen Blenniiden und *Gobius*-arten. Bei diesen ist wahrscheinlich die Schärfe des Bildes auf der Retina und die Wahrnehmung der Entfernung wesentlich erhöht, und wir wissen auch, daß diese Fische in ihren Bewegungen sehr schnell sind. Bei anderen wieder, z. B. den Labriden und Plattfischen, ist hinter dem Augapfel eine Bursa synovialis oder ein Recessus orbitalis entwickelt, der die Vorstülpung des Auges unterstützt. Der Kabeljau besitzt eine derartige Bursa nicht, und im Aquarium sieht man, daß dieser Fisch immer ein starres und „dummes“ Aussehen hat, während die Scholle mit ihrer Fähigkeit die Augen nach oben und im Kreise zu wenden den Eindruck von Gewandtheit macht. Über die Fähigkeit der Plattfische zu binokularem Sehen vergl. S. XII. h 29. —

Bei einigen Fischen bleiben die Augen in wechselndem Grade rudimentär. Bei *Myxine* ist lediglich ein Augenbecher vorhanden, und das gleiche findet man bei einigen blinden Höhlenfischen Amerikas. Man hat die Degeneration des Auges auch künstlich hervorgebracht, indem man die Fische im Dunkeln hielt.

Sehr viel ist über die außerordentliche Beschaffenheit der Augen bei Tiefseefischen und ihre angebliche Anpassung an die geringe Helligkeit oder das fehlende Licht in den großen Tiefen geschrieben worden; Tatsache ist jedoch, daß wir bei diesen Fischen alle Arten von Augen antreffen, große und teleskopische Augen, sowie normale Augen oder überhaupt keine Augen. Wahrscheinlich haben die Bedingungen, unter denen diese Fische leben, derartige Modifikationen unmittelbar hervor-gebracht, ohne daß ihnen ein besonderer Nutzen zugeschrieben werden kann. Einige der Phänomene sind vielleicht auch als künstlich anzusehen. So sind z. B. bei *Trachypterus* die Augen des Embryos, wenn er zuerst an die Oberfläche kommt, deutlich teleskopisch; aber sie fallen nach wenigen Tagen in eine normale Form zurück, wenn der innere Druck gegen den äußeren einen Ausgleich erfahren hat. Wahrscheinlich sind die Fische, die in großen Tiefen leben, von ihren anderen Organen abhängig und nicht von den Augen, die in der völligen Dunkelheit vermutlich funktionslos sind, teils infolge des Nichtgebrauchs, teils des großen Drucks, der auf sie wirkt. Das Vorhandensein und der Fortbestand der Augen bei diesen Formen ist vielleicht auf ihre verhältnismäßig rezente Zuwanderung aus litoralen Gewässern zurückzuführen. —

Der spezielle Bau der Augen, die Natur der Linse, der Cornea und Retina können von besonderem Werte sein bei der Brechung und Zerstreuung der Lichtstrahlen. Bei den Fischen, die nahe der Oberfläche oder im flacheren Wasser leben, kann das Bild auf der Retina ein gefärbtes sein. Zweifellos hat der Farbensinn der Fische einen Grad von Feinheit und Empfindlichkeit erreicht, der von anderen



Tiergruppen, selbst Insekten und Vögeln, nicht übertroffen wird. Daß die Farbenempfindlichkeit von den Augen kontrolliert wird, wurde in schlüssiger Form von POUCHET schon 1876 bewiesen. Indem er die Sehnerven durchschnitt, fand er, daß die Fische die Fähigkeit, Farbenwechsel in einer Umgebung zu unterscheiden, verloren; während sie mit unversehrten Organen imstande waren, ihre eignen Farben gemäß den Farbtönen ihrer Umgebung zu ändern. Versuche mit ähnlichen Ergebnissen sind neuerdings durch V. FRISCH und FR. SCHIEMENZ angestellt worden, die noch bestimmter beweisen konnten, daß Fische die Fähigkeit besitzen, Farben zu wählen, und sich auf Farben dressieren lassen.

Ein physiologischer Farbenwechsel wird am besten bei tropischen Fischen, namentlich denen, die Korallenriffe bewohnen, beobachtet. Nach den Berichten kompetenter Beobachter grenzt die Schnelligkeit und Exaktheit, mit der diese Fische ihre Farben wechseln, während sie sich von einem Schatten in einen andern begeben, an das wunderbare. Man kann natürlich diese Fähigkeit eine Anpassung nennen in dem Sinne, daß die Fische sich gewiß ihrer Umgebung anpassen; aber ob diese Anpassung jemals ein Mittel zur Erhaltung der Art bildete, dürfte schwer zu entscheiden sein. Von den gewöhnlichen Seenadeln unserer heimischen Gewässer wissen wir z. B., daß sie sich in wundervoller Weise den Meeresgewächsen anpassen, zwischen denen sie leben; aber zur Laichzeit verlassen sie ihr pflanzliches Heim und schwärmen in das offene Wasser hinaus, wo ihre Farben ihnen von keinerlei Nutzen sind; und doch ist gerade das die Zeit, in der sie, wie man denken sollte, durch Schutzfärbung angepaßt sein sollten. Die gemeine Scholle wechselt zweifellos ihre Farben, ebenso wie andere Plattfische, je nach dem Boden, auf dem sie liegt; aber soviel wir wissen, geschieht das nicht, um Feinden zu entgehen (vgl. S. XII. h 29). Ihre einzigen Feinde (im gesunden Zustande) sind die Tintenfische, und diese schenken, wie man glauben darf, den Farben ebensowenig Aufmerksamkeit wie der Mensch, wenn er den Fisch mit dem Schleppnetz auf dem sandigen Meeresgrunde zu fangen sucht. Vielleicht ist es am richtigsten, den Farbensinn der Fische mit dem ästhetischen Sinne der Menschen zu vergleichen; bei manchen ist er wohl entwickelt, bei andern dagegen ist keine Andeutung vorhanden.

Das Zentralnervensystem besteht aus dem Gehirn und dem Rückenmark, mit den von diesen ausgehenden Kopf- und Spinalnerven. Außerdem ist, ebenso wie bei den höheren Wirbeltieren, ein sympathisches Nervensystem vorhanden, das von den Spinal- und Medullarnerven abzuleiten ist und den Verdauungskanal mit seinen Drüsen und Blutgefäßen versorgt.

Es wird angegeben, daß das Hirn der Fische klein ist und die Hirnhöhle nicht völlig ausfüllt; namentlich wenn wir den toten Fisch untersuchen, scheint sich das zu bestätigen. Aber wir kennen nicht den Zustand beim lebenden Fisch, und während der frühen Entwicklung füllt das Gehirn zweifellos die ganze Höhle aus, und seine Form beeinflußt die umgebenden Knochen und Knorpel und ist ihrerseits



von diesen beeinflusst. Dadurch werden einige der charakteristischen Unterschiede zwischen den verschiedenen Fischgruppen verständlich.

Bei den Elasmobranchiern (Haien und Rochen) ist das Vorderhirn kräftig entwickelt. Hirnhemisphären sind vorhanden, wenn auch unvollkommen geteilt, und die Riechlappen bilden lange seitliche Ausläufer nach vorn. Hand in Hand hiermit geht ein geschütztes Leben während der Entwicklung in der Eikapsel und lebhaft Bewegungen

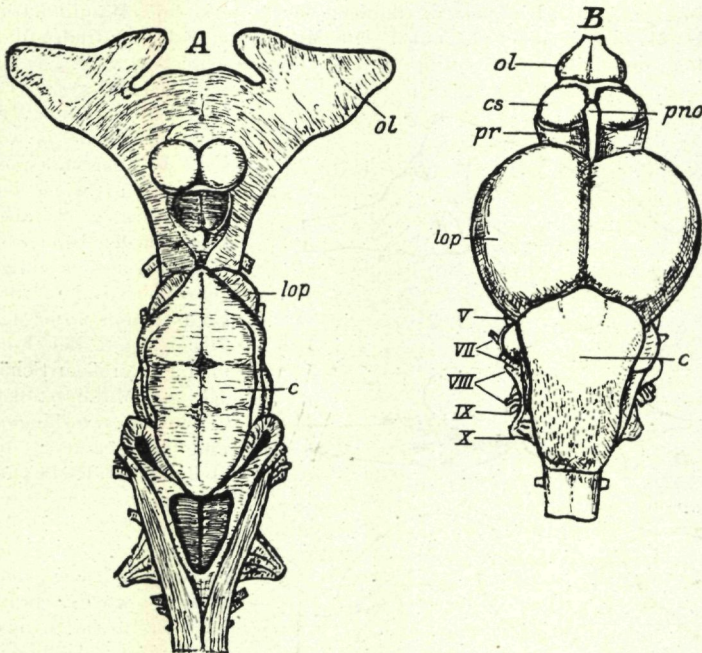


Fig. 10. Gehirn zweier Fische, A von *Scyllium*; B von *Salmo*. — c Cerebellum (Hinterhirn); cs Corpus striatum; lop Lobus opticus (Mittelhirn); ol Lobus olfactorius; pno Glandula pinealis; pr Mantel des Vorderhirns; V bis X Hirnnerven (Trigeminus bis Vagus). Nach WIEDERSHEIM, 1906.

des Embryos von einer Seite zur andern um einen festen Punkt, den „Nabelstrang“. Bei den Teleostiern dagegen schlüpft die Larve in einem embryonalen Zustand aus dem Ei, und in dem Maße, wie sie sich bewegt, gelangen Kopf und Hirn unter den Einfluß des Wasserdrucks. Daher finden wir, daß die Hirnhemisphären gar nicht entwickelt, die Lobi olfactorii klein und in der Mittellinie zusammengepreßt sind. Bei den Dipnoern dagegen, sind die Hirnhemisphären groß, verlängert und deutlich geteilt, was wieder auf eine mehr passive und träge Lebensweise im Embryonalzustand hinweist (Fig. 10).

Ähnliche Unterschiede finden sich am Mittelhirn. Bei den Elasmobranchiern sind die Sehhügel verhältnismäßig klein und treten aus dem Niveau des Gehirns nach oben nicht hervor; bei den Tele-



ostiern sind sie dagegen groß und nach oben gedrückt. Dieser Unterschied kann einerseits auf den zeitigeren Gebrauch der Augen bei den Teleostiern zurückgeführt werden, und andererseits auf den größeren seitlichen Druck, der von den sich entwickelnden Kopfknochen ausgeübt wird. Beim Hering z. B. findet man, daß die Lobi optici eine deutliche Grube haben, entsprechend der Linie des vorderen halbzirkelförmigen Kanals im Sphenoticum. Auf der Außenseite des letzteren liegt die Gelenkverbindung des Unterkiefers (Hyomandibulare) mit dem Schädel. Bei den Dipnoern artikuliert der Unterkiefer (Mandibulare) direkt mit dem Schädel gegenüber dem Mittelhirn, und man findet, daß die Lobi optici in der Mittellinie miteinander verschmolzen sind.

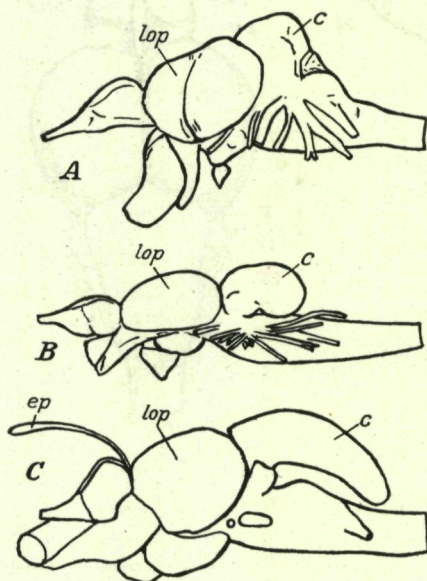


Fig. 11. Gehirn einiger Knochenfische, A von *Clupea harengus* L.; B von *Esox lucius* L.; C von *Salmo salar* L. — c Cerebellum; ep Epiphyse (Corpus pineale); lop Lobi optici. Nach LISSNER, 1922.

Das Hinterhirn (Cerebellum und Medulla oblongata) ist sowohl bei den Elasmobranchiern wie den Teleostiern groß, aber klein bei den Dipnoern. Hier zeigen sich einige charakteristische Besonderheiten unter den Teleostiern. Bei Formen mit großem Schädel und Mund ist das Cerebellum verlängert und hängt über die Medulla herab. Das ist charakteristisch für Raubfische, z. B. Lachs und Hecht. Bei Formen aber, wie dem Hering, wo der ganze Schädel zusammengedrückt ist, bleibt das Cerebellum klein und hat keine Verlängerung nach hinten (Fig. 11).

Die Zyklostomen ähneln den Teleostiern insofern, als das Mittelhirn am kräftigsten entwickelt ist, während das Cerebellum sehr klein bleibt (*Petromyzon*) oder fehlt (*Myxine*). Ein Vorderhirn ist bei *Petromyzon* entwickelt, besteht bei *Myxine* aber fast nur aus den Riechlappen.

Neben den Hauptteilen des Gehirns findet man bei den Fischen noch einige Fortsätze oder Auswüchse, die Erwähnung verdienen. Diese entspringen aus dem hinteren Teil des Vorderhirns (Thalamencephalon). Aus dem Dache des letzteren wachsen zwei gestielte Bläschen hervor, die anscheinend zu Sehorganen bestimmt sind. Beide persistieren beim Neunaug, indem das rechte ein Parietalauge bildet, während das linke



zu einer Zirbeldrüse wird. Bei den Elasmobranchiern vereinigen sich beide Bläschen, um das sogenannte Corpus pineale zu bilden; bei den Teleostiern verschwindet das linke Bläschen, während das rechte als Zirbeldrüse bestehen bleibt. Es sei auch erwähnt, daß bei den Eidechsen aus jedem der beiden Bläschen ein Parietallauge werden kann (DENDY).

Von demselben Teile des Hirns, aber nach unten, wächst ein hohles Bläschen aus, um das Infundibulum zu bilden, das mit einem Divertikel vom Dache der Mundhöhle in Verbindung tritt. In den meisten Fällen verliert dieses Divertikel jegliche Verbindung mit dem Munde und persistiert als Hypophyse, die eben vor dem Vorderende der Chorda liegt. Bei einigen Formen (*Polypterus*) behält aber die Hypophyse ihre Verbindung mit dem Munde.

Die Funktionen dieser Drüse sind dunkel; doch ist bemerkenswert, daß ihre Entwicklung unter den Teleostiern sehr variabel ist; so ist die Zirbeldrüse wohl entwickelt beim Lachs (Raubfisch), aber kaum sichtbar beim Hering.

Von den Kopfnerven sind einige rein sensorisch, nämlich I und II für die Geruchs- und Sehorgane, andere rein somatisch-motorisch wie III, IV und VI, welche die Muskeln des Augapfels bedienen; aber die meisten übrigen Kopfnerven sind sowohl sensorisch als auch motorisch. Mit Ausnahme der eben erwähnten entspringen alle Kopfnerven, V bis X, von der Medulla. Derjenige, welcher für die Fische besonders charakteristisch ist, ist der VIII, der mit den Hautsinnesorganen der Seitenlinie und den Statocysten in Verbindung steht; er hat ein unabhängiges Zentrum in der Medulla, den Tuber acusticum. Die Stränge dieses Nerven, die das charakteristische Lateralis-System der Fische bilden, vermischen sich mit denen anderer Nerven, des Facialis (VII), des Glossopharyngeus (IX) und des Vagus (X), aber nach HOFER gehören die Lateralis-Zweige dieser Nerven in Wirklichkeit zu dem ausgebreiteten VIII. Nerv oder Acusticus.

### Stammesgeschichte und Verbreitung

Die ältesten Fische sind in den kambrischen Schichten der Rocky-Mountains in Kanada und Kolorado gefunden worden.

Die kanadischen Fossilien zeigen kaum mehr als einen Abdruck der Muskulatur, die von Kolorado nur einige Schuppen und Knochenplatten, die anscheinend plakoid sind. In den Silurablagerungen von Schottland, Norwegen und Kanada sind dagegen besser erhaltene Reste gefunden worden, auch von Körpermuskulatur, die wie bei den Fischen segmentiert ist, mit einem deutlichen Schwanz, jedoch nicht mit ausgeprägtem Mund oder erkennbaren Kiemenspalten (*Birkenia*; s. Fig. 12). Aus Schichten desselben Alters hat man eine große Anzahl anderer Formen erhalten (*Cephalaspis*, *Tremataspis* usw.), die wohlentwickelte Kalkplatten auf dem Kopfe und dem Vorder-



Fig. 12. *Birkenia elegans* Traq. — In rekonstruiertem Umriß nach T. W. BRIDGE, 1904. Umgedreht, nach KIAER, 1923.



teile des Körpers zeigen, und einige besitzen auch Hautzähnen, aber keine paarigen Flossen, und der Bau des Mundes und der Kiemenbögen ist unbekannt.

Das einzige Merkmal gewisser alter Fische, das einigermaßen dem der rezenten Elasmobranchier gleicht, ist die Plakoid- oder Hautschuppe. Das Fehlen anderer ausgeprägter Elasmobranchiermerkmale und das unzweifelhafte Auftreten großer Mengen von Knochengewebe führt uns dazu, diese ältesten Fische als Knochenfische anzusehen. Unter ihnen können wir zwei Hauptformen unterscheiden; die eine langgestreckt, von spindelförmiger Gestalt und mit einer einzigen, weit nach hinten gelegenen D; die andere breit, abgeplattet, mit ausgedehnten Platten auf Kopf und Körper. Diese zweite Form entspricht — wie allgemein anerkannt wird — einem sedentären Fisch; die erstbeschriebene Form gehört dagegen einem aktiven, pelagischen Fische an. Da wir wissen, daß die ältesten Fossilien nur aus Muskelabdrücken bestehen, also auf aktive, pelagische Fische deuten, so können wir daraus schließen, daß die Fische ursprünglich pelagische Organismen waren, und daß alle Panzerfische, die naturgemäß in den Ablagerungen stärker vertreten sind als die aktiven Formen, in mehr oder minder großem Ausmaße spezialisierte oder selbst degenerierte Formen des pelagischen Typs waren.

Die pelagische Form (z. B. *Palaeospondylus*) war sehr ähnlich der Larvenform der rezenten Clupeiden, in deren Entwicklung wir einige interessante Phasen mit sehr primitiven Merkmalen finden; z. B. fehlt diesen Clupeidenlarven in einigen Fällen während mehrerer Tage nach dem Ausschlüpfen die Mundöffnung, und während dieser Zeit fehlen auch deutliche Kiemen und ein Kreislauf roten Blutes; die Augen zeigen wenig oder gar kein Pigment, und die Statozysten sind noch nicht entwickelt. Überdies ist so gut wie kein Knorpel im Schädel und in den Wirbeln vorhanden.

Ohne hier auf weitere Einzelheiten einzugehen, kann man aus allem ersehen, daß wir sowohl ontogenetisch als auch phylogenetisch Grund zu der Annahme haben, daß die älteste Fischfauna aus pelagischen, clupeidenartigen Formen bestand und die anderen Fische zu verschiedenen Zeiten von ihnen abzweigten. Die gewöhnlich von den ältesten Fischen gegebene Schilderung, nach welcher sie gepanzerte, plumpe Formen waren, ist irreführend.

Wir müssen feststellen, daß nur wenige Fische, wie wir sie heute kennen, über die Kreidezeit zurückreichen. Und mit Ausnahme vielleicht der Dipnoer ist es fast völlig sicher, daß keine der rezenten Fischformen von den alten Fischen des Binnenlandes abstammt, die zu verschiedenen Malen ausgerottet wurden.

In Kürze sei hier noch die Frage erörtert, ob die ältesten Fische im Meer oder im Süßwasser entstanden sind. Wie weiter unten erwähnt wird, bestehen Gründe zu der Annahme, daß das Land der ganzen Nordhemisphäre ein einziger Kontinent gewesen ist mit ausgedehnten Wasserläufen, die sich wahrscheinlich längs der Zone der Kohlenablagerungen hinzogen. Diese Wasserläufe waren wohl meistens süß,



und es ist deshalb wahrscheinlich, daß die ältesten Fische Europas und Nordamerikas ihren Ursprung im Süßwasser hatten. Trotzdem können wir die Möglichkeit nicht ausschließen, daß einige Teile der Gewässer, ähnlich wie heutzutage das Kaspische Meer, ganz salzig waren. Wenn wir wieder die Gegenwart zu Hilfe nehmen und die Lebensweise und Entwicklung der Clupeiden betrachten, so sehen wir, daß diese Formen entweder dem Süßwasser oder der Küstenregion angehören. So scheint es also besser, den Kompromiß zu machen, daß die Fische in der Küstenregion entstanden sind, wo Süß- und Salzwasser sich mischten, und wo überdies reichlich Luft oder Sauerstoff als eine Folge des Pflanzenlebens vorhanden war.

Um die Verteilung der rezenten Fische zu verstehen, müssen wir in Kürze die Veränderungen betrachten, die sich vermutlich in der Topographie der Kontinente vollzogen haben. Bei den Untersuchungen über die Verteilung der Wirbeltiere nahm man bisher an, daß die Kontinente stets mehr oder weniger genau dort gelegen haben, wo sie heute liegen, daß aber früher verschiedene „Landbrücken“ existierten, die nun seit langem verschwunden sind. Z. B. nahm man an, daß der atlantische Ozean einen versunkenen Kontinent, die „Atlantis“, bedeckte, daß Afrika und Südamerika durch eine Brücke vereinigt waren, daß Indien, Madagaskar und Ostafrika einmal durch eine Lemurische Brücke miteinander in Verbindung standen und ein altes Gondwana-Land Australien mit Südafrika und Südamerika vereinigte.

Neuerdings ist jedoch von verschiedenen Autoren, besonders von WEGENER, eine andere Theorie entwickelt worden, der zufolge früher alle Kontinente tatsächlich vereinigt waren und nur nach und nach voneinander getrennt wurden. So trieben Australien und die Antarktis im älteren Mesozoikum von Afrika und Amerika weg nach Osten. Auf diese Weise verstehen wir, warum keine der Süßwasserformen Eurasiens, Afrikas oder Amerikas, mit Ausnahme von *Neoceratodus* (der ein Relikt des Mesozoikums ist) in Australien vertreten ist. Dann begannen Afrika und Amerika sich im Süden voneinander zu trennen, indem Südamerika nach Westen glitt. Und in Übereinstimmung damit finden wir viele rezente Süßwasserfische, wie die Characiniden und die Cyprinodonten, die in Afrika und im nördlichen Teile Südamerikas überaus häufig sind, südlich des La Plata nicht vertreten. Wir müssen also annehmen, daß Afrika und Südamerika in ihren nördlichen Teilen bis zur Kreidezeit miteinander verbunden waren.

Wie aber konnten die älteren pelagischen Formen nach WEGENERS Theorie nach Nordamerika sowohl wie nach Australien gelangen?

Unter den ältesten Fischen kamen die *Palaeoniscidae* im Spätpaläozoikum häufig vor und wurden im Jura selten. Ihre Verbreitung erstreckte sich von Nordamerika und Europa bis Südafrika und Australien. In Form, Stellung der Flossen und vielen Einzelheiten des Baus gleichen sie sehr den rezenten Clupeiden. Ihre Verbreitung sowohl wie ihr spindelförmiger Körper zeigt, daß sie marine Formen waren. Von den Palaeonisciden nahm eine Reihe von Formen ihren Ursprung, die eine vollständige Stufenleiter zu den rezenten Fischen bilden. *Leptolepis* z. B. nähert sich sehr stark dem gewöhnlichen



Hering und kommt im Jura in Europa, Asien und Australien vor, so wiederum seine pelagische Natur erweisend. Ebenso lebte *Chondrosteus* im Jura und zeigt mit seinem ventral gelegenen Munde eine unverkennbare Ähnlichkeit mit den modernen Stören (Fig. 13). Diese haben also keine Beziehungen zu den alten Ganoiden, sondern stammen von dem pelagischen Typ ab. Sie sind über die ganze nördliche Hemisphäre verbreitet, obgleich ihr Hauptzentrum der Osten Europas gewesen zu sein scheint. Andere Formen des Jura (die *Semionotidae* z. B.) kamen ebenfalls in Nordamerika, Europa, Indien, Ostafrika und Australien vor.

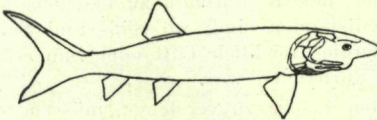


Fig. 13. *Chondrosteus acipenseroides* S. Woodw.  
Umrißzeichnung nach T. W. BRIDGE, 1904.

Wir haben also eine Fülle von Beweisen für die weite Verbreitung der pelagischen Fischform während der älteren geologischen Epochen.

WEGENERS Theorie nötigt uns anzunehmen, daß vor und vielleicht während der Kreidezeit die Gewässer der Nordhemisphäre in offener Verbindung mit dem Indischen Ozean standen. Diese Annahme stimmt auch mit der Auffindung von vielen Fischresten in Syrien (Libanon) und Persien. In den Kreideablagerungen Südeuropas, Syriens und Persiens sind fossile Formen der Rochen und Haie, Blenniiden, Cottiden und Gobiiden gefunden worden; also sind wohl die Küstenformen, ebenso einige *Stromateidae* und vielleicht auch die Plattfische und Labriden, auf demselben Wege zu uns gekommen. Noch interessanter ist das Vorkommen der Aalfamilie (*Anguilla*) in der oberen Kreide Syriens und im Eozän des Monte Bolca. Aus Gründen, die sogleich erwähnt werden sollen, kann der Aal in die europäischen Gewässer nicht von Norden her gelangt sein; ebenso ist es unwahrscheinlich, daß er aus dem Südatlantik kam, da einmal dieser Zugang nicht vor dem Eozän offen war, und dann, weil *Anguilla*-Arten aus dem Südatlantik nicht bekannt sind. Unzweifelhaft liegt, wie JOHS. SCHMIDT annimmt, die wahre Heimat von *Anguilla* im Indischen Ozean (Fig. 14).

Es scheint daher sicher, daß die Aale noch vor der Kreidezeit in den Nordatlantik und zwar von Osten her gelangt sind, also bevor sich Nordamerika von Nordeuropa trennte. Nach WEGENER nämlich war die Trennung ein allmählicher Vorgang und vollzog sich im Norden durch die Trennung Grönlands von Skandinavien erst in den rezenten Eiszeiten. So hatten die Aale Zeit, sich den atlantischen Verhältnissen anzupassen und wurden sowohl in den Oststaaten Amerikas wie in den Ländern Europas sehr häufig. Soweit steht alles in guter Übereinstimmung mit WEGENERS Theorie. Doch wenn Amerika nach Westen wanderte, wie WEGENER behauptet, ist es recht schwer zu verstehen, weshalb die europäischen Aale eine längere Wanderung zu machen haben und auch eine größere Zahl von Wirbeln ausbilden. Wir wissen, daß der amerikanische wie der europäische Aal zum Laichen in denselben Teil des Atlantischen Ozeans hinauswandert, und können wohl



annehmen, daß dieses Gebiet südlich der Bermudas stets der gemeinsame Versammlungsort der beiden Spezies gewesen ist. Daher stellt die Form mit der kürzeren Wanderstrecke, also der amerikanische Aal, wahrscheinlich die ursprüngliche Art dar, und die europäische Form

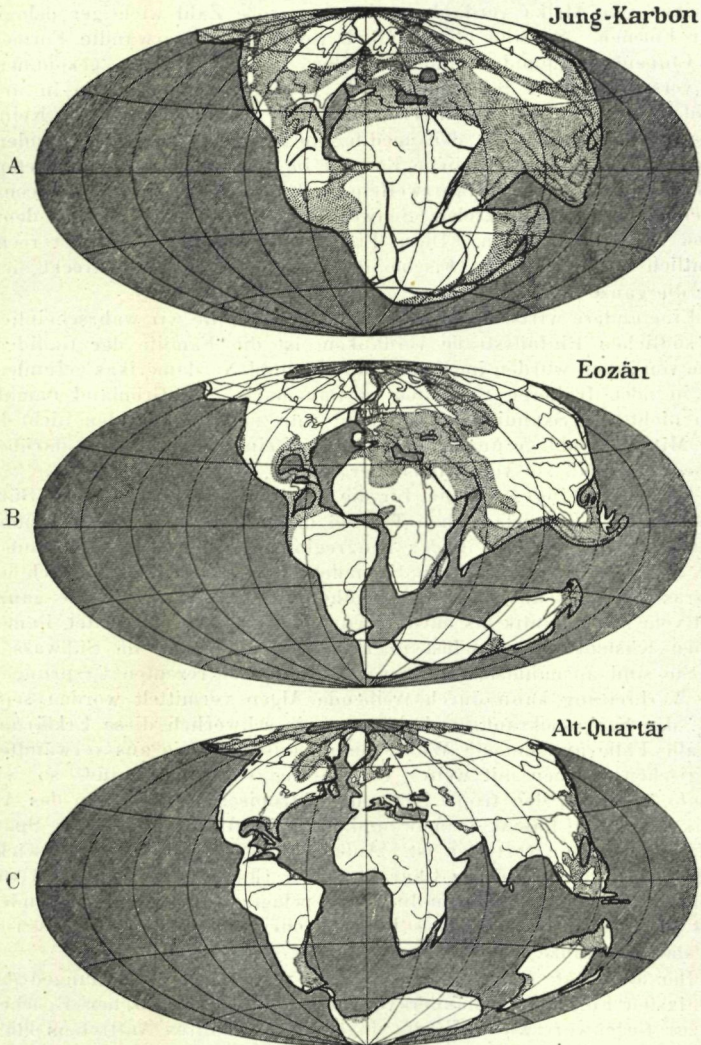


Fig. 14. Rekonstruktion der Erdkarte nach der Verschiebungstheorie von WEGENER, A Jung-Karbon; B Eozän; C Alt-Quartär. — Schraffiert: Tiefsee; punktiert: Flachsee; heutige Konturen und Flüsse nur zum Erkennen. Gradnetz willkürlich (das heutige von Afrika). Nach A. WEGENER, 1922.



wurde von ihr dadurch verschieden, daß sie ständig an Länge zunehmende Reisen ausführen mußte. Man sollte daher annehmen, daß der östliche Kontinent vom amerikanischen Kontinent nach Osten hinweggewandert ist, und nicht umgekehrt, wie WEGENER vermutet.

Dem südlichen Zugange des Nordatlantik nach der Trennung Südamerikas von Afrika verdanken wir eine große Zahl wichtiger pelagischer Formen. So sind offensichtlich verschiedene verwandte Formen der Clupeiden, Elopiden und Albuliden, aus dem Süden gekommen, wie verschiedene zu ihnen gehörende Fossilien beweisen, die in den Kreide- und Eozänablagerungen Brasiliens gefunden wurden. Keine Spur von diesen ist in den mediterranen Ablagerungen vorhanden, obwohl dieselben oder ähnliche Formen im Indischen Ozean auftreten. Auch kann man kaum daran zweifeln, daß die ganze Familie der Scombriden, Thunfische, Makrelen, Schwertfische und Segelfische auf demselben Wege vordrangen. Diese Fische sind in der Gegenwart recht eigentlich die pelagischen Fische, und ihre Verbreitung erstreckt sich über die ganze Welt.

Eine andere wirtschaftlich wertvolle Gruppe, die wir wahrscheinlich der südlichen Einfallsstraße verdanken, ist die Familie der Gadiden. Reste von ihnen wurden im Eozän Europas und Nordamerikas gefunden, und in noch früheren Schichten in Dänemark. Da Grönland damals noch nicht von Skandinavien getrennt war, und die Gadiden nicht in den Mittelmeerablagerungen auftreten, scheint kein Zweifel darüber zu bestehen, daß sie vom Süden her kamen.

Noch ein weiteres Beispiel für die Ableitung von Küsten- oder Süßwasserformen vom pelagischen Typ sei hier angeführt. Zu den interessantesten Fischen, die in der Tangregion längs der Küste zu finden sind, gehören die sonderbaren Seenadeln (*Syngnathidae*), die sich an Seegras und verschiedenen Algen anheften. Sie sind über die ganze Welt vom Nordatlantik bis nach Asien und Australien verbreitet, immer in den Küstengebieten, selbst in Flußmündungen und im Süßwasser.

Sie sind ausnahmslos Formen tertiären oder rezenten Ursprungs. Ihre Verbreitung kann durch treibende Algen vermittelt worden sein, z. B. das Sargassokraut; doch können wir schwerlich diese Erklärung für alle Fälle annehmen. Wahrscheinlich ist, daß sie aus verwandten pelagischen Formen mit weiter Verbreitung entstanden sind, so wie *Fistularia*, die in den tropischen und subtropischen Gewässern des Atlantik und Indo-Pazifik gemein und auch in Ablagerungen des Spättertiärs in Europa vertreten ist. Außerdem zeigen die ersten Entwicklungsstadien von *Fistularia* Charaktere der Clupeidenlarve, so daß wir auch hier wieder die Abwandlung des pelagischen, freischwimmenden Typs in mancherlei sedentäre Küsten- oder Süßwasserformen sehen, die über die ganze Welt verbreitet sind.

Der beigegefügte Stammbaum (Fig. 15) versucht die Beziehungen der wichtigsten Formen zueinander von den ältesten geologischen Epochen bis zur Gegenwart wie auch die ungefähre Zeit ihres Auftretens klarzulegen.

Versuchen wir nun nach diesen allgemeinen Betrachtungen ein Bild über die Zusammensetzung und Verbreitung der



Fischfauna in unserem Gebiete zu gewinnen, so erkennen wir alsbald, daß diese Meere in geologischer und biologischer Beziehung ein neues und ganz junges Gebiet darstellen. Zwar ist ein Teil der Ostsee schon vor der Kreidezeit in Ver-

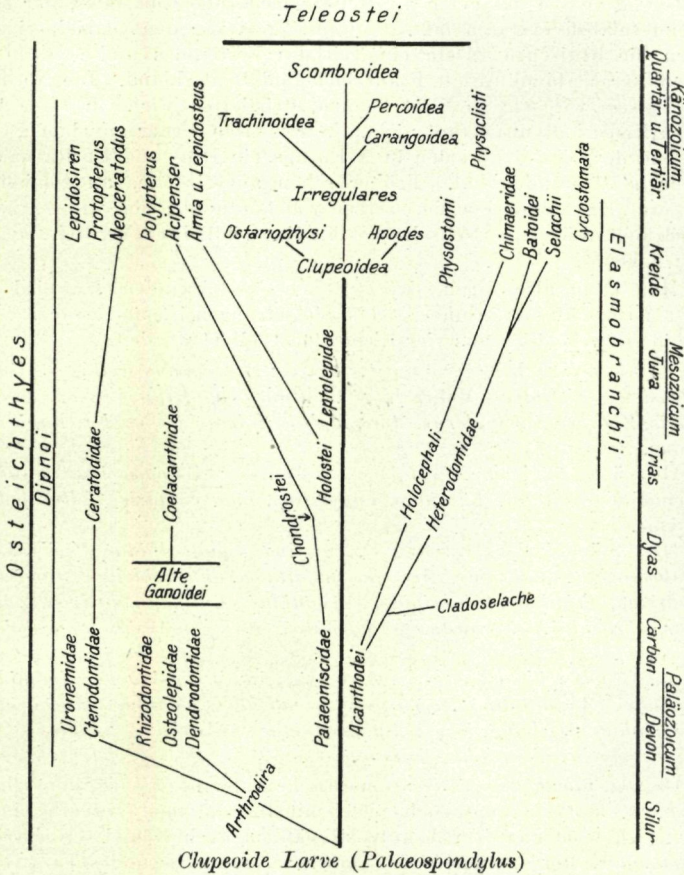


Fig. 15. Stammbaum der wichtigsten Abteilungen der Fische.

bindung mit dem Schwarzen und Kaspischen Meer, sowie dem Indischen Ozean auf der einen und mit dem Nordpolarmeer auf der anderen Seite gewesen, und durch diese Verbindung sind ohne Zweifel viele Formen, auch Küstenformen, nach N gelangt. Das Nordpolarmeer hatte somit seine eigene Fischfauna, die vor den Eiszeiten wahrscheinlich ohne Verbindung mit der atlantischen Fauna war. Andererseits müssen wir aber annehmen, daß während des Tertiärs, im Eozän und noch später England, W-Deutschland und N-Italien unter Wasser lagen, und daß somit das Atlantische Meer in Verbindung mit dem östlichen



Mittelmeer stand. Dadurch sind viele littorale und Strandformen in Europa und O-Amerika gemeinsam vertreten.

Bemerkenswert ist nun, daß von diesen Verhältnissen heutzutage kaum eine Spur in unserm Gebiet zu finden ist. Die Fischfauna der Nord- und Ostsee hat einen vollständig modernen Charakter, der sich folgendermaßen erklären läßt. Geraume Zeit vor den Glazialperioden waren die britischen Inseln ein Teil des Festlandes und standen in lückenloser Verbindung mit Frankreich und Deutschland. Die Nordsee und Ostsee, wie wir sie jetzt kennen, existierten vor dem Ende der letzten Eisperiode überhaupt nicht. Wir müssen ferner annehmen, daß während der Glazial-Perioden in N-Europa ein Hin- und Herfluten der Fische stattgefunden hat. Früher schon angesiedelte, an gemäßigte Temperatur gewöhnte Formen starben vollständig aus oder wurden nach S gedrängt, während arktische Fische eine südlichere Verbreitung erlangt haben.

Man kann also sagen, daß seit dem Verschwinden der Eisdecke eine neue Fischfauna in unser Gebiet eingedrungen ist, und zwar scheint es, daß sie wesentlich aus vier Elementen gebildet wurde.

I. Nordische Gruppe, marin: *Coregonus* (einige Arten), *Gastrosteus*, *Cottidae* (Mehrzahl), *Pleuronectes*, *Hippoglossus*, *Anarrhichas*, *Zoarces*, *Cyclopterus*, *Ammodytes*, *Molva*, *Cyclogaster*, *Raniceps*, *Agonus*, *Sebastes*.

II. Südöstliche Gruppe, Süßwasser: *Acipenseridae*, *Silurus*, *Cyprinidae*, *Cobitidae*, *Esocidae*, *Thymallus*, *Lota vulgaris*, *Cottus gobio*, *Percidae*.

III. Südliche Gruppe, marin: *Syngnathidae* (teilweise), *Scombresocidae*, *Labridae*, *Arnoglossus*, *Rhombidae*, *Soleidae*, *Gobiidae*, *Blenniidae*, *Triglidae*, *Atherinidae*, *Mugilidae*, *Mullus*, *Labrax*, *Lepadogaster*, *Trachinidae*, *Caranx*, *Engraulis*, *Raja* (teilweise), *Scylliidae* (teilweise).

IV. Atlantische Gruppe, marin: *Clupeidae*, *Salmonidae*, *Scopelidae*, *Anguillidae*, *Argentina*, *Scombridae*, *Gadidae*, *Macruridae*, *Scorpaenidae*, *Orthogoriscus*, *Syngnathidae* (teilweise), *Lophius*, *Chimaera*, *Selache*, *Acanthias*, *Lamna*.

Ob nun alle Formen, die als nordische aufgeführt sind, vom N her stammten, läßt sich natürlich nicht mit Bestimmtheit sagen. Einige haben sich wohl aus dem Atlantik allmählich nach N und O verbreitet (*Ammodytes*, *Molva*, *Anarrhichas*), aber der arktische und subarktische Charakter der Gruppe ist unverkennbar. Wir können sogar feststellen, daß auch heute noch die Nordsee ungefähr die südliche Grenze ihrer Verbreitung darstellt.

Die Fische der südöstlichen Gruppe sind alle aus den Flüssen und Seen des südöstlichen Europa wieder zugewandert; daß einige schon vor der letzten Eiszeit in Skandinavien vorkamen, ist wohl kaum zu bezweifeln. Bemerkenswert ist auch, daß diese südöstlichen Formen mit wenigen Ausnahmen nicht auf der iberischen Halbinsel vorkommen.

Die südliche Gruppe umfaßt Formen, die ihre nördliche Grenze ungefähr in unserm Gebiet finden und hauptsächlich durch den Kanal zu



uns gekommen sind. Von fast allen genannten Gattungen oder Familien können wir sagen, daß ihre Heimat im S liegt (atlantische Küsten von Spanien und Portugal oder Mittelmeer) und im Kanal die Familien reichlicher vertreten sind als in der Nordsee. Es ist sogar auffallend, wie formenarm die südöstliche Nordsee eigentlich ist, und daß der östliche Eingang des Kanals für viele Formen eine schwer passierbare Schranke bildet. Von den *Triglidae* kommen in der südlichen Nordsee selten mehr als 2 Arten vor, gegen 5 bis 6 im Kanal; von den *Sparidae* kennt man überhaupt nichts in der südlichen Nordsee, während sich im Kanal mehrere Arten finden. Ähnliches gilt von *Capros*, *Blennius ocellaris* u. a. m. Von *Zeus*, *Lepadogaster*, *Labrax*, den *Labridae*, *Atherinidae*, von *Mullus*, *Mugilidae*, *Syngnathus acus*, *Merluccius* hat man in der südlichen Nordsee nur einzelne Arten oder vereinzelte Individuen gefunden; und nur gelegentlich kommen sie in größeren Massen hinein, wie *Engraulis*, *Merluccius*, *Trigla* und *Mullus*, wenn auch gewöhnlich nur, um alsbald wieder im Kanal zu verschwinden. Die in der südlichen Nordsee herrschenden Bedingungen, sei es zu flaches Wasser, zu sandiger Boden oder zu niedriger Salzgehalt, sind für diese Formen offenbar nicht günstig.

Dagegen ist es bemerkenswert, daß spezifisch südliche Formen sich doch auch nach N ausbreiten, trotzdem sie im südöstlichen Teil der Nordsee fast oder völlig fehlen. Diese sind von W, offenbar um Schottlands N-Küste herumgekommen und bilden einen nicht unwesentlichen Bestandteil der Fischfauna des Skagerraks (*Scomber*, *Scopelidae*, *Argentina*, *Macruridae*, *Merluccius* usw.) und selbst der westlichen Ostsee. Die oben erwähnten *Sparidae* werden vereinzelt auch an den Küsten von Bohuslän und Norwegen angetroffen. Es sind aber nicht allein Wanderfische, die auf diese Weise vorgedrungen sind, sondern auch Stand- und Strandformen, wie *Siphonostoma* (*Syngnathus*) *typhle*, *Nerophis ophidion*, *Blennius pholis*, *Gobius niger* und *flavescens*, *Labrus maculatus*, *Crenilabrus melops*. Alle diese Arten kommen in der südöstlichen Nordsee nicht oder fast gar nicht vor; und doch finden wie sie im Kattegat sowie an der schwedischen Küste, und *Siphonostoma typhle*, *Nerophis* und die *Gobiidae* sind auch in der westlichen Ostsee noch häufig.

Es scheint, als ob der östliche Teil der Nordsee, nördlich der Deutschen Bucht bis zum Skagerrak auch ein ungeeignetes Gebiet für verschiedene Arten darstellt. Außer den oben erwähnten sind *Trachinus draco* und *Solea vulgaris* hier selten anzutreffen, während beide im Kattegat von erheblicher fischereilicher Bedeutung sind. Ähnliche für gewisse Formen ungeeignete Gebiete liegen vor der NO-Küste Englands, an der westlichen Seite der Nordsee und in der Ostsee längs der S-Küste Schwedens (Blekinge) bis zum Sund.

Es verdient erwähnt zu werden, daß man lange Zeit an der Auffassung festgehalten hat, im nordöstlichsten Teil der Ostsee seien noch heute einige Relikte der Eiszeit vorhanden, zu denen man unter den Fischen *Cottus quadricornis*, *Cyclogaster liparis*, *Lumpenus lampretaeformis* und *Clupea harengus* var. *membras* (den sog. „Strömling“) rechnete. Diese Ansicht ist jedoch aufgegeben, seit es in neuerer Zeit



für fast alle diese Formen gelungen ist, ihre Verbreitung durch die ganze Ostsee mit Einschluß des westlichen Teils zu verfolgen. Nur für *Cottus quadricornis* bedürfen die Verbreitungsverhältnisse noch der Klärung, da diese Art bisher in der südlichen und westlichen Ostsee nicht gefunden wurde.

### Entwicklungsgeschichte

Es gibt drei verschiedene Arten der Fortpflanzung bei den Fischen. Bei der ersten werden die Eier innerhalb des Leibes befruchtet, und die Embryonen entwickeln sich im Ovidukt oder im Ovar wie bei den Säugetieren. Diese Fische werden lebendgebärend genannt, und Beispiele dafür haben wir für die nordischen Gewässer im Dornhai (*Acanthias vulgaris*) und unter den Teleostiern in der Aalmutter (*Zoarces viviparus*). Bei der zweiten Art der Fortpflanzung werden die Eier innerhalb des Körpers befruchtet, dann aber ausgestoßen, und der Embryo entwickelt sich außerhalb des Mutterleibes in einer Eikapsel, genau wie bei den Vögeln. Hierher gehören viele Elasmobranchier (*Scyllium* und die Rochen). Die dritte Art der Fortpflanzung ist am verbreitetsten unter den Knochenfischen. Bei diesen Formen, die man ovipar nennt, werden die Eier ausgestoßen und im Wasser befruchtet, so z. B. beim Kabeljau, beim Lachs, den Plattfischen u.a.m.

Brutpflege. Einige Zwischenfälle sind von Interesse. Bei den Seenadeln (*Syngnathiformes*) werden die Eier bei der Ablage vom ♀ am Körper des ♂ festgeheftet, und es kann sich eine enge Verbindung (Dottersackplazenta) zwischen der Haut des ♂ und dem Embryo im Ei entwickeln. Bei einigen Welsen (*Siluridae*) und Süßwassercichliden werden die Eier bei den erstgenannten von den ♂, bei den Cichliden von den ♀ ins Maul genommen. Sie bleiben lange Zeit, bei einem Siluriden bis zu 70 Tage, im Maule und dort schlüpfen auch die Jungen aus. Einige Fische wieder, so der gemeine Cottus unserer Gewässer, brüten auf ihren Eiern oder bewachen sie nur, wie der Seehase (*Cyclopterus*), und zwar in beiden Fällen ist es das ♂, das brütet. Bei einer südamerikanischen Form, *Aspredo*, werden die Eier an der Unterseite des Kopfes, der paarigen Flossen und des Bauches des ♀ befestigt, und hier entwickelt sich auch eine Dottersackplazenta.

Manchmal werden die Eier in einem vom ♂ eigens dafür erbauten Neste untergebracht (Stichlinge, *Labrus* u. a.) oder einfach in den Sand abgesetzt und dann von beiden Eltern zugedeckt, wie beim Lachs.

Eier. Bei den Teleostiern unterscheidet man zwischen Eiern, die schwerer als das Wasser sind und zu Boden sinken, wo sie an Pflanzen oder Steinen sich anheften, und solchen, die leichter als das Wasser sind und an die Oberfläche aufsteigen. Die ersten werden demersal oder festsitzend genannt, die anderen pelagisch oder planktonisch. Der Hering und die meisten Süßwasserfische haben demersale Eier, der Kabeljau und die meisten marinen Fische planktonische Eier. Die demersalen Eier sind gewöhnlich größer als die pelagischen, dafür aber weniger zahlreich.

Eine Übersicht über die wichtigsten Teleostier-Arten der Nord- und Ostsee mit demersalen Eiern, nebst Angaben über die Größe und un-



gefährte Zahl der Eier für jede Spezies und ein Bestimmungsschlüssel für die planktonischen Eier der Nordsee und der Ostsee finden sich im Anhang zu diesem Abschnitt (s. S. XII. c 85).

In der Regel haben die demersalen Eier eine längere Inkubationsperiode, und die ausschlüpfenden Larven sind weiter entwickelt als bei den pelagischen Eiern. Dies ist nicht nur auf die voluminösere Dottermasse der demersalen Eier zurückzuführen, sondern auch auf deren größeren Gehalt an Nährstoffen; denn sie besitzen gewöhnlich einen größeren Vorrat ölig oder fetter Bestandteile, wohingegen die planktonischen Eier eine größere Menge Wasser enthalten. Daher sind die letzteren durchsichtiger, und wenn Öl vorhanden ist, so sammelt es sich zu einem einzigen oder mehreren kleinen Tropfen an.

Das Ei des ♀ wird befruchtet, indem das männliche Sperma durch eine kleine Öffnung (Mikropyle) in der äußeren Eihülle (Chorion) eindringt. Wenn die Befruchtung vollzogen ist, schließt sich die Mikropyle, wodurch der sich im Ei entwickelnde Embryo vom äußeren Medium abgeschlossen wird. Innerhalb des Eies gestalten sich die Druckverhältnisse ähnlich denen im Blute der betreffenden Elterntiere, so daß durch die Eimembran, abgesehen von Gasen, kein Stoffaustausch stattfindet.

Die Segmentierung des Bildungsdotters oder formativen Protoplasmas des Eies ist meroblastisch, d. h. das Bildungsplasma sammelt sich zum größten Teile an einem Ende des Eies, dem animalen Pole, und teilt sich dort, während der Dotter unsegmentiert bleibt (s. Fig. 16a). Bei *Amphioxus*, wo nur wenig Dotter vorhanden ist, teilt sich das ganze Ei (holoblastisch). Bei einigen Fischen jedoch kann auch eine nur oberflächliche Furchung des Dotters erfolgen, wie bei den Clupeiden und *Caranx*, was wahrscheinlich von zurückgebliebenem Bildungsplasma im Dotter herrührt.

In dem Maße wie die Entwicklung fortschreitet, erscheint der Embryo an einem Pole des Eies als eine Scheibe oder eine Blastosphäre, und eine Zellschicht breitet sich nach und nach von deren Rändern über den Dotter aus, so daß dieser schließlich innerhalb der embryonalen Gewebe zu liegen kommt.

**Organbildung.** Bevor noch der Dotter völlig umwächst, ist die Segmentierung der Embryonalscheibe so weit vorgeschritten, daß

einige wichtige Teile oder Organe des Embryos unterschieden werden können. Das Zentralnervensystem ist das erste von ihnen. Man bemerkt, wie eine Längsfurche oder Medullarrinne sich auf dem Kämme der Embryonalscheibe entwickelt, die Seitenteile dieser Rinne höher

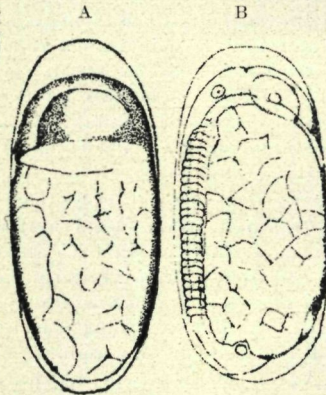


Fig. 16. Eier von *Engraulis encrasicolus* L. — A mit Blastoderm; B mit segmentiertem Embryo. Nach F. RAFFAELE, 1888.



wachsen und oben zu einem Kanal verschmelzen, der hinten in den Urdarm (Canalis neurentericus) übergeht. Doch bei den Teleostiern ist der Nervenstrang zuerst solid, und erst später bildet sich in ihm das Lumen. An seinem Vorderende erweitert sich der Kanal zu einer Zahl von Bläschen. Das ganze, Medullarrohr und Bläschen auskleidende Gewebe wird nervös, ausgenommen an gewissen Stellen vorn über dem Hirn.

Die Muskulatur wird seitlich vom Nervenstrange als eine Reihe von Bündeln oder Segmenten hinter dem Hirnabschnitte angelegt (s. Fig. 16 B). Sie gehören dem mittleren Keimblatt (Mesoderm) des Embryos an und wachsen allmählich nach oben, um das Nervenrohr zu umschließen. Dadurch kommt dieses unter die Körperoberfläche zu liegen; aber bei den jüngsten Larvenstadien, besonders denen der Clupeiden, liegt das Nervenrohr dicht unter der Rückenkante.

Das unterste embryonale Keimblatt (Entoderm), das dem Dotter zunächst liegt, bildet den Verdauungskanal. Doch bevor dieser noch völlig vom Dotter gesondert ist, wird längs seiner oberen Wandung eine Rinne durch die seitlich herabwachsenden Muskelsegmente von innen abgeschnürt. Diese Rinne wird zur Chorda dorsalis, die eine eigene Hüllmembran (Chordascheide) und zelluläre Struktur aufweist.

Diese drei Teile, Nervenrohr oben, Chorda dorsalis unten und die Muskeln seitlich, werden gebildet, bevor der Embryo sich halb um den Dotter herum erstreckt, und bevor dieser völlig vom Epiderm umwachsen ist. In den meisten Fällen wird zu diesem Zeitpunkte auch die erste Anlage des Herzens vorn zwischen Kopf und Dottersack gebildet, doch schwankt die Zeit ihres Auftretens sehr.

Bei den Elasmobranchiern und den meisten Teleostiern mit demersalen Eiern erscheint das Herz früh und erfüllt bald seine Aufgabe, rote Blutkörperchen durch den Körper zu pumpen. Bei einigen Teleostiern jedoch, besonders bei den Clupeiden, ist es kaum entwickelt, wenn die Larven aus dem Ei schlüpfen, und die roten Blutkörperchen erscheinen erst, wenn die Larven frei im Wasser schwimmen. Bei *Leptocephalus*, der Larve des Aals, z. B. ist ein Kreislauf von rotem Blut während der ersten drei Lebensjahre des Tieres nicht entwickelt.

Ein bedeutsames und wichtiges Merkmal der Entwicklung ist die Art, in welcher der Embryo allmählich sich über den Dotter erhebt und von demselben ablöst. Hierin liegt der Hauptunterschied in der Entwicklung der Elasmobranchier und der Teleostier. Der Embryo der ersteren trennt sich völlig vom Dotter und hält nur mittelst eines kurzen Nabelstranges die Verbindung mit ihm aufrecht. Der Teleostierembryo dagegen, dem während der Entwicklung viel weniger Raum zur Verfügung steht, bleibt in innigem Zusammenhange mit seinem Dottersack. Wahrscheinlich kann der ganze Unterschied in der morphologischen Entwicklung der Elasmobranchier und Teleostier auf diese einfache Tatsache zurückgeführt werden. Der Elasmobranchierembryo hat mehr Raum zum Wachsen und entwickelt bald alle seine Organe und den Blutkreislauf, so daß er beim Schlüpfen aus der Eikapsel im kleinen ein vollkommenes Abbild des erwachsenen Tieres ist. Der Teleostierembryo dagegen zeigt viele verschiedene Entwicklungsgrade. Bei einigen Boden-



fischen, wie bei den lebendgebärenden und auch bei den semiviviparen Formen (*Syngnathidae*), kann die Larve voll ausgebildet sein, wenn sie aus dem Ei schlüpft; doch gehört dies zu den Ausnahmen. Bei den Fischen mit festsitzenden Eiern kann sie beim Ausschlüpfen weit entwickelt sein, aber in den meisten Fällen besitzt sie noch den Dottersack und lebt so während eines kürzeren oder längeren Larvenstadiums frei im Wasser. Besonders bei den Clupeiden ist dieses Larvenstadium zeitlich sehr ausgedehnt.

Auch der innere Bau wird durch die Größe des verfügbaren Raumes in der Eihülle beeinflusst. Daher besitzen die Elasmobranchier ein entwickelteres Hirn und Exkretionssystem als die Knochenfische. Der große Unterschied, den der Raummangel verursacht, ist wohl am auffälligsten bei den Zyklotomen. Der Embryo von *Bdellostoma* hat zwar reichlich Dotter zur Verfügung und sogar einen frühzeitig entwickelten Blutkreislauf, doch hat er keinen genügenden Raum zur Entwicklung, und so bleibt sein Hirn rudimentär. Wahrscheinlich sind diese Formen deshalb in Wirklichkeit degenerierte Elasmobranchier.

**Larven.** Das Larvenstadium währt bis zur Resorption des Dotters, was bei den Clupeiden 3 Wochen und bei den Salmoniden noch länger dauern kann. Selbst dann noch hat der junge Teleostier unter Umständen nur wenig Ähnlichkeit mit den Erwachsenen und muß oft verschiedene einschneidende Veränderungen und selbst Verwandlungen durchmachen, bevor er Gestalt und Merkmale der Eltern annimmt. Während dieser Periode verknöchert auch sein Skelett. Um dieses wichtige Stadium in der Entwicklung der Knochenfische, das selten bei anderen Tieren vorhanden ist, besonders zu kennzeichnen, nennt man es zweckmäßig das postlarvale Stadium.

Die einfachste Fischlarve ist die der Clupeiden. Wenn sie aus dem Ei schlüpft, ist sie noch in einem embryonalen Zustande; der Mund ist noch nicht offen, die Kiemen noch nicht ausgebildet, es braucht noch kein Pigment vorhanden zu sein, selbst in den Augen nicht (Sprott), und das Blut ist farblos (s. Fig. 17). Die Chorda ist dick und nimmt die halbe Breite des Körpers ein, ihr Bau ist charakteristisch. Der Verdauungskanal ist lang und gerade und erstreckt sich bis in den Schwanz.

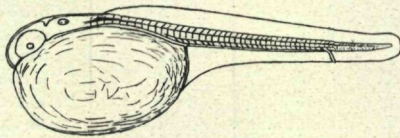


Fig. 17. Larve von *Clupea sprattus* L., unmittelbar nach dem Ausschlüpfen. — Nach W. C. M'INTOSH, 1897.

Die Länge der Teleostierlarve hängt hauptsächlich von der Stellung der Spezies in der stammesgeschichtlichen Stufenleiter ab, aber innerhalb derselben Gattung und Art ändert sich die Larve mit der Größe des Eies und des Dottervorrates. Die Heringslarven sind ungefähr 7 bis 9 mm lang, und ihre Länge variiert auch mit der Jahreszeit (Temperatur), da sie im Winter länger, im Sommer kürzer sind. Die Mehrzahl der Teleostierlarven ist jedoch nur ungefähr 4 bis 5 mm lang.



Man sollte meinen, je größer die Fische sind, desto größer müßten auch ihre Larven sein, so daß die Larven des Thunfisches beispielsweise, der bis zu 3 m lang wird, größer als die des Herings wären, der nur bis ungefähr 35 cm Länge erreicht. Tatsächlich steht jedoch die Länge des ausgewachsenen Fisches in keiner Beziehung zur Länge der Larve. Wohl aber besteht ein Zusammenhang zwischen der letzteren und der Zahl der Wirbel, wenn diese angelegt werden. Wenn die Larve ausgeschlüpft, sind, mit nur wenigen Ausnahmen, die Wirbel noch nicht vorhanden, und der Schwanz ist diphzyerk. Nach einiger Zeit beginnt die Chorda ihr im Schwanz gelegenes Endstück bei den meisten Spezies in die Höhe zu biegen, und dann ist die endgültige Wirbelzahl bestimmt. Dieses Aufbiegen der Chorda geschieht infolge von Muskelaktionen, durch die der Fisch den Kopf in die Höhe zu heben oder geradezuhalten sucht. Bei einigen Spezies, wie den Gadiden, wird die Chorda jedoch kaum und bei vielen anderen (z. B. den Aalen) nur schwach aufgebogen. Bei derartigen Formen ist die Zahl der Wirbel größer und variabler als in den Fällen, in denen die Chorda deutlich nach oben gebogen ist.

Kennen wir die Zahl der Wirbel einer Spezies, so können wir daraus recht genau die Größe der Larve zu der Zeit, in der die Wirbel angelegt werden, angeben und umgekehrt. Die folgende Tabelle zeigt, wie die Größe der Larve entsprechend der Wirbelzahl wechselt.

Größe der Larven, wenn die Wirbel angelegt werden, in mm	Ungefähre Zahl der Wirbel	Spezies
3	17	<i>Orthogoriscus</i>
5	20	<i>Callionymus</i>
5 bis 6	25	<i>Caranx, Xiphias</i>
6 bis 7	30	<i>Gobius, Scomber, Rhombus maximus</i>
7 bis 8	35	<i>Pleuronectes flesus, Rhombus laevis</i>
9 bis 10	40	<i>Trachinus draco, Arnoglossus laterna</i>
12 bis 14	45	<i>Pleuronectes platessa, Drepanopsetta</i>
15 bis 16	50	<i>Atherina, Hippoglossus</i>
18	55	<i>Clupea harengus</i>
20	60 bis 65	<i>Ammodytes</i>

Die Zahl der Wirbel wächst also mit der Größe der Larve, doch ist die Korrelation keine direkte oder lineare. Während nämlich bei den langgestreckten Formen (Hering usw.) auf 1 mm Körperlänge etwa 3 Wirbel fallen, kommen bei den kürzeren Formen 6 auf 1 mm. Bei den als hochspezialisiert zu bezeichnenden Larven ist also die Chordasubstanz, die im Begriffe steht, die Wirbel zu bilden, konzentriert; jeder Wirbel ist kürzer, dafür aber höher und breiter.

Im Zusammenhang hiermit finden wir noch eine andere wichtige Beziehung. Der Kopf der langgestreckten Formen ist ebenfalls lang und schmal, doch nimmt er nur  $\frac{1}{6}$  der Gesamtlänge des Fisches ein.



Bei den spezialisierten Larven dagegen ist der Kopf zwar absolut kürzer, relativ aber größer, da er ungefähr  $\frac{1}{3}$  der Körperlänge ausmacht und dementsprechend hoch und breit ist. So ist also die ganze Substanz der Larve viel konzentrierter. Und diese „konzentrierten“ Formen zeigen nur eine sehr kleine Variabilität in der Zahl der Wirbel, während die langgestreckten Larven eine Variationsbreite von 4, 6, 10 und selbst 20 Wirbeln aufweisen (Aale, *Zoarces*).

Diese Erscheinungen können leichter verstanden werden, wenn wir die Chordascheide mit einer elastischen Saite vergleichen, die infolge der

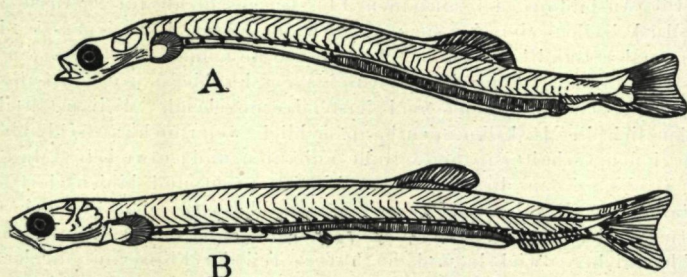


Fig. 18. Larven von *Clupea harengus* L., 19 und 29 mm lang. — Nach E. EHRENBAUM, 1905/1909.

Bewegungen der Muskulatur in Schwingung versetzt wird. Die Zahl der Wellen, die auf einer solchen Saite entlanglaufen, wird einerseits von ihrer Länge und Dünne, andererseits von der Masse oder Festigkeit des Kopfes abhängig sein. Die Wirbelzahl in einer Spezies hängt also von dem ererbten Gleichgewicht zwischen Kopf und Körper ab.

Bei den frühen Stadien ist natürlich die Wirbelsäule der erste und der wichtigste Körperteil; denn alle anderen Bildungen sind von ihr abhängig. Es ist auch bezeichnend, daß die Schwanzflosse der zweite Körperteil ist (s. Fig. 18 A u. B). Tatsächlich können wir die Reihenfolge in der Ausbildung der Körperteile von den Bewegungen der Muskulatur herleiten. Wie schon erwähnt, erfolgt die Aufbiegung der Chorda durch die Anstrengungen des Fisches, den Kopf beim Schwimmen hochzuhalten. Wenn keine Schwimmblase vorhanden ist, so muß diese Anstrengung eine ständige sein, daher haben besonders die Elasmobranchier die heterozerke Schwanzform entwickelt. Ist aber eine Schwimmblase vorhanden, so ist der auf den Schwanz wirkende Zug geringer; und das führt zur Ausbildung des homozerken Schwanztypus, der oberhalb und unterhalb der Mittellinie symmetrisch entwickelt ist.

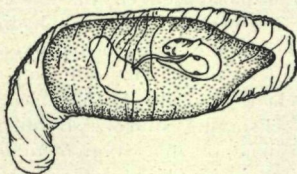


Fig. 19. Embryo von *Mustelus vulgaris* M. & H., im Uterus in Verbindung mit dem Dottersack. — Nach Johs. MÜLLER, 1842.



**Flossenentwicklung.** Während der Ausbildung der Schwanzflossen beginnt bei den primitivsten Formen (Clupeiden) eine andere Flosse, die *D*, sich zu entwickeln. Auf diese Weise wiederholt das jugendliche postlarvale Stadium der Clupeiden die Stammesgeschichte; denn die ältesten Fische hatten nur eine heterozerte oder diphyzerte *C* und eine einzige, weit hinten gelegene *D*. Bei den anderen Teleostiern jedoch, bei denen der Verdauungskanal nach vorn verschoben ist, hat die *A* die Möglichkeit, sich zu derselben Zeit zu entwickeln wie die *D*. Bei den Elasmobranchiern wieder entwickeln sich die *V* an den Seiten in einem sehr frühen Stadium zu gleicher Zeit wie die *D*.

Die Ausbildung der einzelnen Flossen geschieht durch Ausstoßen von Muskelzellen oder -knospen aus den Myomeren des Körpers in den embryonalen Randflossensaum. Wir können annehmen, daß dieser Saum selbst entstanden ist durch das Anschlagen des biegsamen muskulösen Körpers gegen das Widerstand leistende umgebende Medium. Dabei werden sich die Muskelknospen hauptsächlich, wenn nicht ausschließlich, in Regionen verhältnismäßiger Ruhe anhäufen und entwickeln. Manchmal werden sie in die Randflosse hineingepreßt und bilden dort die Radialia oder Basalstützen der Flossenstrahlen. Bei den Elasmobranchiern werden sie so weit herausgehoben, daß sich echte Flossenstrahlen nicht entwickeln und der äußere Teil der Flosse nur die haarfeinen Fasern der embryonalen Flosse enthält. Bei den Clupeiden und ihren unmittelbaren Abkömmlingen, den Salmoniden, können sich die Flossenstrahlen wohl entwickeln, bleiben aber relativ kurz. Bei den höher spezialisierten Teleostiern, bei denen der Darmkanal und die Schwimmblase nach vorn verschoben sind, neigen die Radialstützen dazu, mehr innerhalb der Körpergrenzen zu bleiben, während die Flossenstrahlen länger werden. Diese verschiedenen Stadien repräsentieren eine abnehmende Stärke der larvalen Bewegungen. Schließlich werden bei den Formen mit den schwächsten Bewegungen die Radialia massiver mit geringerer Gliederung, und die Flossenstrahlen werden sowohl stachlich als auch länger, wie bei den Perciden und Carangiden.

Die paarigen Flossen (*P* und *V*) entstehen in ähnlicher Weise wie die unpaaren durch Ausstoßen von Muskelknospen längs der Bauchkante (s. Fig. 18). Da aber auch die Rippen ventral nach unten wachsen, so kommen die Anlagen der paarigen Flossen lateral zwischen Rippen und Haut zu liegen (*V*) und sind manchmal nicht in der Lage, sich zu entwickeln. Für die Formen, bei denen die Ventralflossen „posterior“ oder bauchständig sind (z. B. die Clupeiden), ist charakteristisch, daß sie bei den jüngsten Stadien unterhalb des am stärksten entwickelten Teiles der Schwimmblase liegen, und daß sie sich von allen Flossen zuletzt entwickeln. Die *P* der primitiven Formen entstehen auf oder nahe der Bauchkante, aber bei den höher spezialisierten Formen werden sie nach oben auf die Seiten des Körpers hinauf verschoben, ebenso wie die *V* nach vorn verschoben werden. Es ist jedoch möglich, daß die *P* der Fische nicht homolog den Vorderextremitäten der höheren Wirbeltiere sind. Bei den Dipnoern (*Protopterus*), scheint, wie bei den Fröschen, der „Arm“ ein Auswuchs einer Interbranchialleiste zu sein.



Die Schuppen erscheinen gewöhnlich ganz zuletzt, nachdem die Flossen ausgebildet sind. Bei einigen Teleostiern sind die ersten zur Ausbildung gelangenden Schuppen plakoider Natur, kleine zahnchenartige Papillen auf einer Basalplatte, genau wie bei den Elasmobranchiern; doch werden die Zahnchen bald abgerieben oder verschwinden, und dann entwickeln sich die echten Zykloidschuppen. Bei ungleichmäßigem Wachstum an den Rändern wird bei einigen Formen die Zykloidschuppe gesägt und bildet auf diese Weise die sogenannte Ktenoidschuppe.

Die Bildung des Kopfes ist eins der kompliziertesten und interessantesten Probleme in der Entwicklungsgeschichte der Fische. Entgegen der früheren Anschauung ist es wahrscheinlich, daß die Kiemenbögen ursprünglich unmittelbar unter dem Kopf entstanden, genau so wie bei den heutigen Teleostiern, und daß ihre posteriore Lage bei den Elasmobranchiern von einer späteren Spezialisierung herrührt, die mit der Fortpflanzungsart der Elasmobranchier zusammenhängt. Es gibt viele Teleostier, bei denen die Kiemenbögen ebenfalls weiter hinter dem Kopfe gelegen sind (z. B. die Aale), und wir können aus ihrer Entwicklung sehen, daß das ein sekundärer Zustand ist.

Ähnlich war auch die ursprüngliche Mundöffnung endständig und nicht ventral gelegen wie bei den Elasmobranchiern; und wir können das mit der Tatsache in Zusammenhang bringen, daß die ältesten Fische freischwimmende Tiere wie die Teleostier waren. Die endständige Lage der Mundöffnung wird nämlich durch den Druck des äußern Mediums auf die Seitenteile des Kopfes verursacht. In der Entwicklung des Mundes können wir drei Stadien mit jedesmal verschiedener Anordnung der Knochen unterscheiden. Das früheste Stadium war sicherlich dasjenige, in welchem der Unterkiefer (der MECKELsche Knorpel) direkt („autostyl“) mit dem Schädel artikulierte und der Oberkiefer nur aus häutigen Elementen (Maxillaren) bestand. Diese Mundform wird bei den Dipnoern, den alten Arthrodiren und Ganoiden sowie bei den höheren Wirbeltieren angetroffen. Bei der zweiten Art der Mundbildung ist der Unterkiefer zusammengesetzt und besteht aus wenigstens zwei Bestandteilen, deren oberer die gelenkige Verbindung mit dem Schädel herstellt und wahrscheinlich einen Teil des zweiten Kiemenbogens, des Hyoidbogens, darstellt. Deshalb wird diese Mundform „hyostyl“ genannt. Hier wird der Oberkiefer von der Cartilago palato-pterygoidea gebildet, die nicht in gelenkigem Zusammenhang mit dem Schädel steht, vielleicht aber ableitbar ist von der Cartilago ethmoidea. Diese Mundform findet man bei den Elasmobranchiern. Beim dritten Typus der Mundbildung, der wahrscheinlich ebenso primitiv ist wie der zweite, besteht der Unterkieferapparat aus zahlreichen Einzelementen (Hyomandibulare [hm, in Fig. 20], Symplecticum, Quadratum, Articulare und Dentale), während die Cartilago palato-pterygoidea (p) oben mit dem Ethmoid in engem Zusammenhang bleibt. Hier dient das auf dem Quadratum ruhende Palato-pterygoideum als Stütze oder Brücke zwischen dem Ethmoid oben und dem Winkel des Aufhängebogens (a) unten. Vor ihm entwickeln sich die häutigen Elemente, Maxillaren (mx) und Praemaxillaren (pm),



um den Oberkiefer zu bilden. Diese Mundöffnung findet sich bei den Teleostiern allgemein, mit Ausnahme der *Muraenidae*.

Die geringe Widerstandsfähigkeit des Teleostierunterkiefers mit seinen zahlreichen Elementen führt zu der Entwicklung von Stützknochen, die bei den Elasmobranchiern und den höheren Wirbeltieren nicht vorhanden sind. Das allmähliche Auftreten dieser Knochen und die damit verbundenen Veränderungen der Mundform bildet eins der interessantesten Kapitel in der Entwicklung der Knochenfische. In fast allen Fällen können wir bei den postlarvalen Stadien bemerken, welche Schwierigkeiten der Fisch beim Öffnen und Schließen des Mundes einfach deshalb zu überwinden hat, weil die Muskeln, die zum Öffnen

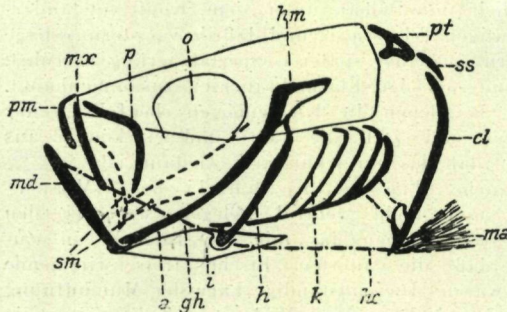


Fig. 20. Schema des Kopfskelettes eines Clupeiden zur Demonstration des Bogenapparates zur Zeit der Verknöcherung. — a Aufhängebogen (Suspensorium); cl Clavicula (Cleithrum); gh Musculus geniohyoideus; h Hyoidbogen (Ceratohyoideum); hc Musculus hyoclavicularis; hc + gh Öffnungsapparat; hm Hyomandibulare; i Interoperculum; k Kiemenbogen; ma Musculus abdominalis; md Mandibulare; mx Maxillare; o Orbita; p Palatopterygoideum; pm Praemaxillare; pt Posttemporale; sm Schließmuskel; ss Suprascapulare; (Quadratum, Praeoperculum, Operculum und Suboperculum sind fortgelassen). Original.

des Mundes dienen und am Schultergürtel ansetzen (der ebenfalls sehr locker gebaut und zunächst nicht am Schädel befestigt ist), dazu neigen, den langen schwachen MECKELschen Knorpel nach hinten zu ziehen. Dieser teilt sich dann in zwei Hauptbestandteile, den Aufhängeapparat (a: bestehend aus Hyomandibulare, Symplecticum und Quadratum) und das Mandibulare (md). Diese wirken im Winkel gegeneinander, da das Mandibulare nach oben gebogen ist.

Dann erhält der Aufhängeapparat an seinem Hinterende, wahrscheinlich, weil er nach hinten gezogen wird, einen verstärkenden Stütznorpel, das Praeoperculum. Dieses verhindert, daß der Aufhängeapparat allzu stark nach hinten gezogen wird; doch wird dadurch das Arbeiten des Mandibulare noch weiter erschwert, besonders, wenn es zu verknöchern beginnt. Der zum Öffnen dienende Muskel setzt in der Mitte des Mandibularteiles an, also an der Symphyse der Dentalia, wenn diese verknöchern, und das Zurückziehen dieses Mittelteiles führt zu einem Schließen, statt zu einem Öffnen des Mundes.

Diese Schwierigkeit beim Öffnen des Mundes hat zu verschiedenen Umwandlungen geführt (z. B. bei den Seenadeln). Bei den ältesten Fischen, so den *Palaconiscidae*, wurde der Mund anscheinend einfach durch den Zug der Haut um die Biegung des Mundes herum geöffnet, und in diesem Teile der Haut entwickelte sich im Zusammenhange damit eine Anzahl von Hautknochen. Später entstand ein kleines Sesambein



(Angulare) in der Haut im Winkel des Mandibulare, dieses bedeckend, und nach hinten (im Zusammenhang mit diesem Sesambein) entwickelte sich unter dem Aufhängeapparat ein weiterer Knochen, das Interoperculum (i). Er ist nun der letzte, der mit der Mundbildung zusammenhängt, und entsteht auf der Außenfläche des Ceratohyale. Früher wurde er als einer der Opercularknochen angesehen, steht aber tatsächlich im Zusammenhange mit dem Öffnungsmechanismus des Mundes. Wenn der Hyoidbogen zurückgezogen ist, wirkt ein Zug vom Interoperculum (i) auf das Angulare, und dieses wiederum auf die Haut, die das Mandibulare bedeckt. Dieser Vorgang leitet das Öffnen des Mundes ein, und wenn dann der Unterkiefer eine gewisse Strecke heruntergedreht ist, ist der eigentliche Öffnungsapparat imstande, den Prozeß fortzusetzen.

Es ist ferner von Interesse, wie die Entwicklung des Mundapparates auf den Bau des Schädels eingewirkt hat. Die Form des letzteren ist in hohem Grade bedingt durch die Bewegung des Fisches im Wasser; doch haben die Kiefer einen beträchtlichen Einfluß auf die Form des Vorderabschnittes des Schädels. Je mehr nämlich während des Wachstums die Kiefer nach oben gebogen werden, desto stärker wird die Schädelachse gestaucht. Wir können das leicht sehen, wenn wir z. B. die Schädel von Hering und Sprott miteinander vergleichen. Eine derartige Zusammendrückung des Schädels hat auch zu jener Verbildung geführt, die wir bei den Plattfischen finden; denn bei diesen arbeiten die Kiefer nicht um eine longitudinale Achse, sondern ein wenig mehr nach einer Seite hin, also unsymmetrisch, und damit wird auch der Schädel asymmetrisch. In anderen Fällen ist er z. T. durch seine Masse oder sein Gewicht stark heruntergebogen, und dann kann die Kieferbewegung auf seine Oberseite, z. B. auf die Frontalia oder selbst auf das Supraoccipitale, verändernd einwirken.

### Biologie

Die Lebensweise der einzelnen Fischarten und ihr Verhalten zur belebten und unbelebten Umgebung werden in den speziellen Teilen dieses Werkes eingehend behandelt; deshalb wollen wir uns an dieser Stelle auf gewisse allgemeine Erscheinungen beschränken und alsdann die theoretische Seite des Gegenstandes ins Auge fassen.

Die Bedeutung und Rolle, welche die „lebende“ Membran beim Atmungs- und bei anderen Prozessen zu erfüllen hat, ist erst in neuerer Zeit gewürdigt worden. Es scheint nämlich, daß der Blutdruck bei den Fischen (Teleostiern) sehr ähnlich dem beim Menschen, also sehr verschieden von dem des umgebenden Mediums, ist. Süßwasserfische, wie der Karpfen, haben einen stärkeren Druck im Inneren als außerhalb, während das Blut von Meeresfischen, z. B. Hering und Kabeljau, unter viel geringerem Drucke steht als das umgebende Seewasser. Bei den Elasmobranchiern dagegen ist der Blutdruck nicht viel geringer als der des umgebenden Mediums, und dies scheint daher zu rühren, daß im Blute große Mengen von Harnsäure-Verbindungen vorhanden sind.

Die Spannung zwischen dem inneren und äußeren Druck wird von der lebenden Membran aufrechterhalten. Wenn ein Fisch, wie der Karpfen, plötzlich in Salzwasser gesetzt wird, so wirkt



das letztere wie ein Gift und durchdringt die Membran alsbald. Ist jedoch der Übergang ein allmählicher, so wächst der innere Druck auch langsam und bis zu einem gewissen Grade, was auf das Vorhandensein einer regulierenden Kraft hinweist; aber die Anpassungsfähigkeit hat eine Grenze, und schließlich geht der Fisch zugrunde. Eine Übertragung von Seefischen in Süßwasser hat ganz dieselben Folgen. Es ist aber merkwürdig, daß einige Fische (z. B. *Gastrosteus aculeatus* u. a.) die Fähigkeit besitzen, beliebig und ohne große Schwierigkeiten zwischen beiden Medien zu wechseln; und andere Fische wie der Aal, der Lachs usw. vollziehen solchen Wechsel bekanntlich periodisch. Offenbar muß die Regulierung des Drucks in solchen Fällen von innen heraus erfolgen. Ist der Fisch jedoch matt oder absterbend, so verliert die lebende Membran allmählich die Kontrolle über den Wechsel.

Diese Vorgänge, welche einstweilen nur ungenügend untersucht sind, sind für das Leben der Fische von der allergrößten Bedeutung. Einerseits machen sie es verständlich, daß ein Fisch im Salzwasser leben und doch für den Geschmack so „frisch“ sein kann, wie irgendein Süßwasserfisch. Andererseits haben sie wahrscheinlich einen bestimmenden Einfluß auf den Fisch, wenn dessen Geschlechtsprodukte zur Reife gelangen und ihn nötigen, nach äußeren Bedingungen zu suchen, die dem Zustand in seinem Innern besser entsprechen oder zusagen. Die Laichwanderungen der Fische können daher mit diesen Bemühungen, den inneren und äußeren Druck gegeneinander zu regulieren, in Verbindung gebracht werden. Demgegenüber scheinen andere Faktoren (Temperatur, Salinität, Gasgehalt des Wassers und dgl.) nur insoweit eine erhebliche Rolle zu spielen, als sie den Stoffwechsel und den äußeren Druck beeinflussen.

Die Wanderungen und Ansammlungen der Fische zum Zwecke der Nahrungssuche gehören zu einer anderen Gruppe von physiologischen Phänomenen. Bei diesen Nahrungswanderungen suchen die Fische etwas zu erlangen; bei den Laichwanderungen dagegen suchen sie sich von etwas zu befreien. Ersteres ist ein natürliches, ständig vorhandenes Bestreben, das letztere dagegen kann fast als ein abnormer oder krankhafter Zustand angesehen werden. Manche Fische laichen nur einmal in ihrem Leben, obwohl dies schon am Ende ihres ersten oder zweiten Lebensjahres erfolgen kann (*Crystallogobius*, Stint). Der Flußaal verlebt 9 bis 10 und mehr Jahre im Süßwasser, und da er vorher im Larvenzustand (*Leptocephalus*) schon 3 Jahre im Meere verbracht hat, so kann er über 12 Jahre alt sein, bis er zum Laichen ins Meer zurückkehrt. Dazu kommt noch der lange Weg quer über den Ozean zu den Laichplätzen, dessen Durchmessung eine uns unbekannte Zeitdauer beansprucht; aber keiner von den Aalen kehrt zu uns zurück. Da die Verdauungsorgane des abwandernden Aales einem Degenerationsprozeß verfallen, so nimmt er wahrscheinlich während seiner langen Wanderung gar keine Nahrung auf und lebt lediglich von den Reservestoffen, die er in seiner Muskulatur und in seinem Körper angesammelt hat. Eine ähnliche Degeneration der Verdauungsorgane vollzieht sich beim Lachs, wenn derselbe das Süßwassergebiet betritt; auch er nimmt keine Nahrung auf, während er in die höheren Teile der Flüsse



hinaufwandert. Ist der Weg zu den Laichgründen im oberen Stromgebiet ein sehr langer, wie bei einigen westamerikanischen Lachsarten (*Oncorhynchus*), so erholen sich die Fische meistens überhaupt nicht wieder von der Erschöpfung, die das lange Fasten und der Laichprozeß zur Folge hat. Wie man auch diese seltsamen Erscheinungen zu deuten versuchen mag, es ist klar, daß Gewohnheiten oder Einrichtungen, die mit einer gewissen Notwendigkeit zum Tode führen, nicht als Vorteil für die Erhaltung der Art angesehen werden können.

Ein anderer Faktor, der für das Absterben mancher Fische nach dem Ablauf des Laichprozesses verantwortlich gemacht werden kann, ist der Umstand, daß in gewissen Fällen die Gesamtheit der Geschlechtsprodukte auf einmal reif wird. Das ist beim Meeraal (*Conger*) beobachtet worden und gilt vermutlich auch für den Flußaal und die Zyklostomen. Bei vielen Fischen aber, z. B. beim Kabeljau und bei der Scholle, werden die Eier portionsweise reif, und die individuelle Laichzeit eines ♀ kann sich auf mehrere Wochen ausdehnen. Würden die Eier einer Scholle alle auf einmal reif werden, so würde das von ihnen erfüllte Volumen etwa doppelt so groß sein wie das des ganzen Fisches.

Wie auf S. XII. c 44 dargelegt, wirken die Geschlechtsorgane auch als endokrine Drüsen, und ihre Hormone machen ihren Einfluß in abgelegenen Teilen des Körpers geltend, namentlich während die Organe selbst reif werden. So wird es verständlich, weshalb die ♂ der Fische in der Regel lebhafter gefärbt sind als die ♀, weshalb sie längere Flossen besitzen oder Flossen, die zu Begattungsorganen umgebildet sind — schon in den jugendlichen Stadien. Man kann sagen, daß diese Merkmale aus der „Männlichkeit“ oder „Weiblichkeit“, d. h. den physiologischen Differenzen zwischen den Geschlechtern, entstehen ohne Beziehung auf ihren Gebrauch. So wird z. B. bei vielen marinen Teleostiern eine Urogenitalpapille entwickelt, obwohl die Eier äußerlich nach der Ablage befruchtet werden.

Um ein anderes Beispiel zu nehmen: Der männliche *Cottus scorpius* hat die Gewohnheit, auf den vom ♀ abgelegten Eiern zu sitzen und sich mit den *P* auf ihnen festzuhalten; die Strahlen seiner großen *P* entwickeln auf ihrer Innenseite eine Zähnelung, in welche die Eier hineinpassen. Das bemerkenswerte ist, daß dieses sekundäre Geschlechtsmerkmal sich entwickelt, während das ♂ reif wird, aber ehe die Eier abgelegt sind. Es ist gewissermaßen vorzeitig fertig ausgebildet.

Man könnte sagen, daß dieses sekundäre Geschlechtsmerkmal dem *Cottus* von Nutzen ist und dieser Umstand seine Entwicklung in einem früheren Stadium begünstigt hat; aber ist das etwas anderes als eine Umschreibung der Tatsache mit anderen Worten? Es gibt ja auch Fische, die auf ihren Eiern sitzen oder sie bewachen, ohne dieses Merkmal zu entwickeln. Es ist also nicht wesentlich für den Fortbestand der Art. Sieht man aber von dem Begriff der Nützlichkeit ab, so kann man sagen, daß das Merkmal sich einfach aus dem Gebrauch heraus entwickelt hat, wobei seine Ausbildung von den Hormonen der männlichen Geschlechtsorgane kontrolliert wurde. Man braucht nicht notwendig anzunehmen, daß es ererbt wurde, sondern die ständige Wiederholung



derselben Gewohnheit in vielen Generationen kann dazu geführt haben, daß die Hormone allmählich leichter ihren Weg zu den Flossen fanden.

Man muß indessen nicht nur die Nützlichkeit der sekundären Geschlechtscharaktere berücksichtigen, sondern auch den Zweck oder Beweggrund, der hinter der Gewohnheit steht, durch die sie entwickelt wurden. Nach der Theorie der geschlechtlichen Zuchtwahl ist die Gewohnheit dadurch von Nutzen, daß die Eier geschützt werden und mehr Aussicht haben, Larven zur Entwicklung zu bringen. Dieser Gedanke kommt in der Bezeichnung „Brutpflege“ zum Ausdruck, welche auf eine Anzahl interessanter Phänomene angewandt wird, bei denen die Fische ihre Eier und Jungen zum Zwecke der Erhaltung der Art zu beschützen scheinen. Der männliche Stichling z. B. macht ein Nest von wundervoller Bauart mit Hilfe einer Sekretion seiner Nieren, und wenn das ♀ die Eier in dieses Nest abgelegt hat, wird es vom ♂ vertrieben, das seinerseits die Eier bewacht, bis die Jungen ausschlüpfen. Bei manchen anderen Arten wird ein ähnliches Verhalten beobachtet.

Man braucht natürlich nicht zu bestreiten, daß diese „Brutpflege“ eine Sicherung der Eier gegen kleine Feinde bedeutet, aber sicherlich kann man bezweifeln, ob sie irgend etwas mit der Erhaltung der Art zu tun hat. Wenn man alle hierher gehörigen Vorgänge ins Auge faßt, so muß man es als wahrscheinlicher bezeichnen, daß die betreffenden Gewohnheiten vielfach aus rein egoistischen Motiven hervorgegangen sind. Das ♂ bewacht die Eier einfach, weil es in der Regel der stärkere Teil ist. Bei den afrikanischen Cichliden hat das ♀ die Dinge verschoben mit dem Erfolg, daß es das ♂ aus seinem Besitz verdrängt hat. Aber im allgemeinen wird es dem ♂ zugestanden, die Eier zu bewachen. Sie sind sein Eigentum, und es wird anderen — namentlich auch dem ♀ — nicht erlauben, mit darüber zu verfügen. Hinsichtlich des Resultats dieses Anspruchs kann in sehr vielen Fällen kein Zweifel bestehen: sobald die Jungen anfangen herumzuschwimmen, werden sie von den Eltern verfolgt und — aufgefressen. Wenn also der Endzweck der Brutpflege einfach die Stillung des eigenen Hungers ist, so kann man natürlich nicht glauben, daß diese Gewohnheit und die ihr dienenden sekundären Geschlechtsmerkmale unter dem Einfluß der geschlechtlichen Zuchtwahl entstanden seien.

Trotzdem gibt es Fälle bei den Fischen, in denen die Äußerungen egoistischer Instinkte durch solche der „Selbstlosigkeit“ ersetzt worden sind. Einige Cichliden und eine oder zwei Siluriden-Arten treiben die Brutpflege nicht minder weit als die Henne mit ihren Küken; sie nehmen die Brut sogar in den Mund, wenn Gefahr droht. Aber wer möchte zu entscheiden wagen, welcher von den beiden Instinkten der wertvollere für die Arterhaltung ist?

Die Theorie der geschlechtlichen Zuchtwahl als partielle Erklärung der verschiedenen Merkmale in den Geschlechtern scheint im Falle der Fische unbefriedigend zu sein. Bei den Vögeln mag es wohl sein, daß die ♀ unauffällige Farben haben, um sie beim Brutgeschäft unsichtbar zu machen, und daß die ♂ glänzender gefärbt sind als Ergebnis der Auswahl durch die ♀. Aber bei den Fischen ist es gerade das lebhaft



gefärbte ♂, das die Bewachung der Eier übernimmt, und den ♀ wird keine Auswahl hinsichtlich der ♂ zugestanden.

Noch eine andere Eigentümlichkeit oder Gewohnheit verdient hier erwähnt zu werden. Die Viviparität ist bei den Fischen anscheinend entstanden durch die übereifrigen Bewerbungen des ♂ um das ♀ vor der Reife des letzteren. Verglichen mit der ursprünglichen Trennung der freilebenden Geschlechter bedeuten diese neuen Verhältnisse der Paarung und der Trächtigkeit offenbare Nachteile für das Individuum sowohl wie für die Art; aber dennoch kann man annehmen, daß das zur festen Gewohnheit gewordene Verhalten in manchen Fällen (Elasmobranchier) die beteiligten Fische auf eine höhere Stufe erhob, wenn es dieselben auch in anderen Fällen (*Cyprinodontidae*) auf eine niedrigere Stufe herabgedrückt hat.

Auch die Variation und Differenzierung der Fische gibt allem Anschein nach nur wenig Stützen für die Selektions-Theorie ab. Man mag nehmen, welches Merkmal man will, die Zahl der Wirbel z. B., so findet man, daß die Individuen um einen mittleren oder Durchschnittswert gruppiert sind. Ferner wissen wir durch das Experiment, daß der mittlere Wert durch den Wechsel der äußeren Bedingungen, z. B. die Temperatur, variiert werden kann. Daraus muß man schließen, daß die Variationen selbst durch die äußeren Bedingungen entstehen, wenn auch vielleicht nicht direkt, so doch durch den Einfluß dieser Bedingungen auf die Bewegungen und den Stoffwechsel. Wenn das aber zutrifft, so liegt kein Grund vor, zu glauben, daß irgendeine oder alle Variationen für die betreffende Art besonders nützlich seien; — tatsächlich ist der eine Wert eines Merkmals so gut wie ein anderer.

In ähnlicher Weise sieht man, daß bei der Trennung einzelner Fischgruppen voneinander Mutationen oder plötzliche Änderungen von größerer Bedeutung gewesen sind als allmähliche Übergänge, — obschon die letzteren im Falle nahe verwandter Arten und Gattungen auch verständlich sind. Die Asymmetrie des Schädels bei den Plattfischen z. B. ist eine plötzliche Abweichung von normalen Verhältnissen, welche zur Bildung großer Fischgruppen geführt hat. Da die Asymmetrie aus der Schwierigkeit, den Mund zu öffnen und zu schließen, entstanden ist, so ist kaum anzunehmen, daß die ersten Stadien, die zu ihr führten, überhaupt für den Fisch von irgendwelchem Vorteil gewesen sind.

Dieselbe Schwierigkeit in der Mundbildung hat zu verschiedenen anderen Differenzierungen geführt, so z. B. bei den Seenadeln (*Syngnathidae*, s. S. XII. g 15), bei denen die Kiefer in eine lange Schnauze ausgezogen sind. Man kann das kaum eine nützliche oder zweckdienliche Bildung nennen im Vergleich mit der ursprünglichen Mundform. Bei anderen Gruppen finden sich verschiedene andere Modifikationen, und diese deuten einerseits auf die Ursachen, die sie erzeugt haben, wie z. B. Änderungen im Gleichgewicht, andererseits auf die „Intelligenz“ oder Kraftentfaltung, die den Fisch befähigte, die Schwierigkeiten zu überwinden.

Der Einfluß nichtnützlicher Variationen eines Körperteils auf den Bau anderer Teile und auf die Lebenserscheinungen im ganzen ist am



klarsten aus der zwangsläufig erfolgenden verschiedenartigen Gestaltung des Verdauungskanalns zu ersehen. Der Darmkanal entsteht als einfaches Rohr; aber mit zunehmender Länge und Kräftigung der Schwanzregion wird der Kanal weiter nach vorn geschoben, und danach findet man alle Zwischenstufen vom einfachen Schlauch bis zu einem komplizierten System von Schlingen und Windungen. Diese Veränderungen und Verschiedenheiten im Darmkanal können nur in beschränktem Maße auf die Art der Ernährung oder die Lebensweise zurückgeführt werden. Wenn ein im Wachsen begriffenes Organ gehemmt oder an beiden Enden festgehalten wird, so muß es sich natürlich drehen oder in eine Schlinge legen.

Infolge dieser Schlingenbildung hat die Schwimmblase, die in enger Verbindung mit dem Darmkanal entstanden ist, ihr offenes Rohr verloren. Der Verlust der Schwimmblase oder ihres offenen Ausführungsganges kann den Fischen keinen Vorteil gebracht haben, denn sie wurden dadurch auf bestimmte Druckverhältnisse und Wasserschichten beschränkt. Deshalb findet man bei den meisten Meeresformen eine geschlossene Schwimmblase und in derselben ein besonderes Organ entwickelt, die rote Drüse (*Rete mirabile*), das befähigt ist, Gase, z. B. Sauerstoff, in die Schwimmblase hinein abzusondern und sie auch wieder zu absorbieren. Bei den Süßwasserfischen, deren Mehrzahl einen offenen Ausführungsgang für die Schwimmblase hat, sind diese *Retia mirabilia* nicht entwickelt.

Eine Erwähnung verdienen auch die sogenannten *Anpassungen*, Strukturen oder Gewohnheiten, die uns besonders geeignet erscheinen, um einem bestimmten Zwecke zu dienen. Man muß dabei zwischen einer allgemeinen und einer speziellen Nützlichkeit unterscheiden. Knochensubstanz ist im allgemeinen nützlich als eine Stütze für andere Strukturen; sie ist im besonderen nützlich, wenn sie die Gestalt eines Humerus oder eines Wirbels annimmt.

Die Fische besitzen ihre Organe meist in einer allgemein nützlichen Form. Und bei dieser Gruppe kann man vielleicht besser als bei anderen Tiergruppen beobachten, wie Anpassungen durch zwei Stadien mangelnder Nützlichkeit hindurchgehen, bevor sie speziell nützlich werden. Das erste ist die Entstehung aus irgendeiner Ursache, dann folgt die Regulierung gegen andere bereits vorhandene Bildungen und schließlich die besondere Anwendung. Die Flossensäume haben sich durch das Schlagen eines weichen Körpers gegen ein Widerstand leistendes Medium gebildet, die Flossenstrahlen entwickeln sich innerhalb dieser Membranen nach Maßgabe der Bewegungen und des Gleichgewichts (Stadium der Regulierung), und schließlich werden die Flossen nützlich als Gleichgewichtsorgane, Gebilde, um sich auf Steinen in verschiedener Weise festzuhalten, Flugorgane oder Fallschirme bei der Bewegung durch die Luft, Klammerorgane u.a.m. Der Mund ist eigentlich nur der Eingang in den Darmkanal, aber er kann Verwendung finden als Greiforgan, Saugapparat oder Bruttasche, und die Mundknochen können zu einem Graborgan ausgebildet werden oder zu einem Schwert, das die Nahrung zerschneidet u.a.m.



Bei der Entstehung eines Organs oder einer Struktur spielt in der Regel das Gesetz von Wirkung und Gegenwirkung in der organischen Welt eine entscheidende Rolle. Ein zunächst formloser, nicht spezialisierter Teil des Körpers entwickelt sich unter dem Einfluß gewisser Ein-drücke zu einem bestimmten Organ, das zuletzt nur auf diese Reize reagiert; so gelangt man zu der Reihe: Schleimdrüsen, Tastorgane, Geruchsorgane und auch selbst Augen. In der Gegenwart ist die Entstehung der Reusenfortsätze der Kiemen (s. S. XII. c 38) vielleicht das beste Beispiel bei den Fischen für das genannte Gesetz.

Der spezielle Gebrauch einer Struktur oder eines Organs kann also von seinem Ursprung und seiner allgemeinen Nützlichkeit unterschieden werden, und man kann daher leicht verstehen, wie gewisse Bildungen in den frühen und mittleren Stadien verschwinden können, wenn sie auch in ihrem Endstadium nützlich sein könnten. Der Besitz von V würde z. B. für den Aal von großem Vorteil sein, wenn er über Land wandert, dennoch besitzt keine von den Aalarten im Süßwasser und im Seewasser diese Flossen, und auch viele andere Spezies bringen sie nicht zur Ausbildung. Ihr Verschwinden hängt offenbar mit dem Ausgleich der Struktur-verhältnisse während des Wachstums zusammen, aber keineswegs mit der Lebensweise der ausgewachsenen Formen.

Die Nützlichkeit oder Nichtnützlichkeit von Gebilden und Organen gibt uns keinen brauchbaren oder befriedigenden Maßstab für das Verständnis der Lebensvorgänge. Ein Organ kann für einen bestimmten Zweck nützlich sein und doch schädlich oder überflüssig für einen anderen Zweck. Die Fische müssen ebenso wie alle anderen Tiere die verschiedenen Seiten ihrer Organisation gegeneinander abwägen und ihre Hilfsmittel bestens zu verwerten suchen; man darf annehmen, daß sie bei diesem Bestreben und bei dem Bemühen, ihr Leben zu erhalten, in erheblichem Maße auch ihre „Intelligenz“ gebraucht haben, um die mancherlei entstehenden Schwierigkeiten zu überwinden.

Man kommt beim Studium der Lebenserscheinungen also in weitem Maße auf den Standpunkt GOETHEs zurück (Osteologie IV): Es ist von geringerer Wichtigkeit zu wissen, zu welchem Zweck gewisse Gebilde und Organe benötigt wurden, als vielmehr zu erfahren, wie sie das wurden, was sie sind!

### **Schluß**

Am Schlusse dieser allgemeinen Betrachtungen über die Fische sei kurz auf gewisse offene Fragen hingewiesen, die noch der Beantwortung harren, und deren Bearbeitung erwünscht ist wegen des allgemeinen Interesses, das sich an sie knüpft. Diese Probleme gruppieren sich um drei Hauptpunkte, nämlich 1) den Ursprung der Fische, 2) die Variabilität ihrer Eigenschaften mit deren Ursachen, und 3) die Anordnung der Fische im System auf genetischer Grundlage.

Das unter 1) genannte Problem ist von vielen Forschern bearbeitet worden, und die verschiedensten Gruppen der Wirbellosen sind dabei als vermutliche Ausgangspunkte der Vertebraten ins Auge gefaßt worden. Der hieraus resultierende Reichtum an Theorien beweist nur, daß mor-



phologische und anatomische Betrachtungen allein das Problem nie lösen werden; erforderlich ist vor allem ein vergleichendes Studium der entwicklungsgeschichtlichen Tatsachen.

Dabei bedürfen die Phänomene auch einer biologischen Betrachtung. Führen z. B. die Arten einer Gruppe ein parasitisches Leben, so darf man erwarten, daß sich in Körper- und Gehirnbildung Degenerationserscheinungen finden. Die Eigentümlichkeiten der Zyklostomen lassen sich aus diesem Gesichtspunkt erklären, und die Frage ist nur, aus welcher Gruppe oder welchen Gruppen diese Fische entstanden und abzuleiten sind.

Zur Behandlung eines solchen Problems gehört eine ausreichende Kenntnis der Art und Weise, in der sich Strukturen und Organe der Fische ändern können und geändert haben, z. B. Flossen, Mund, Kiemenbogen, Knorpel und Knochen, Darmkanal u.a.m. Derartige Änderungen sowohl ontogenetischer als phylogenetischer Art sind in den vorausgehenden Abschnitten geschildert worden.

2) Das Studium der Variationen kann kaum zu biologisch verwertbaren Schlüssen führen, wenn nicht dabei auch die Ursachen der Variation berücksichtigt werden. Wahrscheinlich haben bei der Differenzierung der Fische auch (diskontinuierlich auftretende) Mutationen die allergrößte Rolle gespielt, wie z. B. bei der Entstehung der Plattfische, der Syngnathiden usw. Zum Verständnis solcher Vorgänge ist es notwendig, sich über den Einfluß der äußeren Bedingungen auf die Entwicklungsstadien, namentlich der chemischen und physiologischen, Rechenschaft geben zu können; und dafür wiederum sind Experimente erforderlich. Die Fische stellen für solche experimentellen Untersuchungen besonders dankbare Arbeitsobjekte dar, nur muß man den Verlauf ihrer Entwicklung zuvor genau kennen. Erwünscht ist z. B. eine Antwort auf die Frage, ob der Dotter nur einen mechanischen Einfluß auf den Embryo hat oder teilweise auch Träger der „erblichen“ Eigenschaften ist.

3) Die Anordnung, die wir den Fischen im System geben, ist der unmittelbare Niederschlag unserer Kenntnis der Veränderungen in Strukturen und Organen und unseres Verständnisses für den Verlauf derselben. Ob man die Schwimmblase und einen langgestreckten Darmkanal als primitiv annehmen will oder das Vorhandensein von Knorpelsubstanz und weit nach hinten liegende Kiemenspalten, das muß der Forscher bei der Wahl einer Arbeitshypothese entscheiden, um dann diese Hypothese bis in ihre letzten Konsequenzen verfolgen zu können. Eine von beiden Voraussetzungen muß sich als die richtige erweisen, da an zwei verschiedene Entstehungsweisen kaum zu denken ist.

Unter den einzelnen Gruppen der Knochenfische und der Knorpelfische fehlt es noch sehr an vergleichend-morphologischen Untersuchungen; erwünscht sind z. B. Aufklärungen über das Verhältnis zwischen Gadiden und Blenniden, zwischen Atheriniden und Perciden u.a.m.



- HOFER, B., Studien über die Hautsinnesorgane der Fische; in: Ber. Kgl. Biol. Versuchsstat., München 1908.
- JENKINS, J. T., The Fishes of the British Isles, both Freshwater and Salt; London 1925, 376 pp.
- JORDAN, D. S., Fishes; New York 1925.
- KERR, J. G., Text-book on Embryology., 2; London 1919.
- KRUKENBERG, C. F. W., Zur Verdauung bei Fischen; in: Unters. Physiol. Inst. Heidelberg 1879.
- KRÖYER, H. N., Danmarks Fiske; 1—4, Kjøbenhavn; 1. ed. 1838; 2. ed. 1853.
- KYLE, H. M., The Biology of Fishes; London 1925.
- LILLJEBORG, W., Sveriges og Norges Fiskar; 1—3, Upsala 1884—91.
- LÖNNBERG, E., Sveriges Ryggradsdjur, 3: Fiskar; Stockholm 1915, p. 38/331.
- MALM, A. W., Göteborgs och Bohusläns Fauna, Ryggradsdjuren; Göteborg 1877, 674 pp.
- MALMGREN, A. J., Kritisk Öfversigt af Finlands Fisk-Fauna; 1, 2, Helsingfors 1863—67, 75 pp.
- MÖBIUS, K. & F. HEINCKE, Die Fische der Ostsee; Kiel 1883, 206 pp. (auch erschienen in: Jahresber. Komm. Wiss. Unters. Deutsch. Meere, 1883, p. 197/296).
- OTTERSTRÖM, C. V., Fisk; in: Danmarks Fauna, Kjøbenhavn; I, 1912, 198 pp.; II, 1914, 351 pp.; III, 1917, 166 pp.
- POPTA, C., Lijst van de Nederlandsche Visschen aanwezig in 's Rijks Museum van Natuurlijke Historie te Leiden, tevens eene vermelding van de tot nu toe in en bij Nederland waargenomen visschen; in: Zool. Mededeel. Mus. Leiden 1924, p. 77—119.
- REDEKE, H., Visschen; in: Flora en Fauna der Zuider Zee; Den Helder 1922, p. 426/442.
- SCHLEGEL, H., Natuurlijke Historie van Nederland, Visschen; Haarlem 1862.
- SMITT, F. A., A History of Scandinavian Fishes, 1, 2; Stockholm & London 1893—95.
- WINTHER, G., H. J. HANSEN & AD. S. JENSEN, Fiske; in: Zoologia danica, 2, 1883, p. 27—126.
- WOLLEBAEK, A., Norges Fisker; Kristiania 1924, 239 pp.
- WOODWARD, A. S., Outlines of Vertebrate Palaeontology; Cambridge 1898.
- , The Use of Fossil Fishes in stratigraphical Geology; in: Quart. Journ. Geol. Soc., London 1915 (übersetzt in: K. A. ZITTEL, Grundzüge der Paläontologie; 4. Aufl., München 1923, p. 150).



## Anhang A: Fischeier

1. Verzeichnis der wichtigsten Knochenfischarten der Nord- und Ostsee mit festsitzenden (demersalen) Eiern nebst Angaben über Zahl und Größe derselben.

Art	Größe der Eier in mm	Zahl der Eier	Laichzeit	Bemerkungen
<i>Clupea harengus</i> L.	1,2—1,5	30 000	I—XII	auf Algen, Steinen, Sand usw.
„ <i>alosa</i> Cuv.	5 (?)	100'—200 000	IV—VI	nichtklebend, am Boden rollend.
„ <i>finla</i> Cuv.	4,3—4,6	100'—200 000	IV—VI	
<i>Salmo salar</i> L.	5—7,0	10'—40 000	X—I	in Kiesgruben.
„ <i>trutta</i> L.	—	—	X—XII	in Kiesgruben.
„ <i>fario</i> L.	4—4,5	1'—500	IX—II	in Kiesgruben.
<i>Osmerus eperlanus</i> L.	0,75—0,90	50 000	III—V	an der geplatzen Eihaut hängend.
<i>Thymallus vulgaris</i> Nilss.	3,2—4,0	3'—6 000	III—V	auf Kiesgrund.
<i>Coregonus oxyrrhynchus</i> L.	3	50 000	XI—XII	lose am Boden liegend.
<i>Coregonus lavaretus</i> L.	2,15—3,20	30'—50 000	X—XII	lose am Boden liegend.
„ <i>albula</i> L.	2	1'—2 000	XI—XII	
<i>Cyprinus carpio</i> L.	1,5—2	200'—700 000	V—VII	an Pflanzen.
<i>Carassius vulgaris</i> Nordm.	—	200'—300 000	V—VI	„ „
<i>Gobio fluviatilis</i> Flem.	2	1'—3 000	V—VI	an Steinen und Pflanzen.
<i>Leuciscus idus</i> L.	1—1,5	100 000	IV—VI	an Steinen und Pflanzen.
„ <i>vulgaris</i> Flem.	—	30 000	III—V	an Pflanzen.
„ <i>cephalus</i> L.	1,5	100 000	IV—VI	an Pflanzen und Steinen.



Art	Größe der Eier in mm	Zahl der Eier	Laichzeit	Bemerkungen
<i>Leuciscus rutilus</i> L.	—	70'—100 000	IV—V	an Pflanzen
<i>Scardinius erythrophthalmus</i> L.	—	100 000	IV—V	„ „
<i>Phoxinus laevis</i> L.	1,3	1000	IV—VII	an Pflanzen und Steinen.
<i>Tinca vulgaris</i> Cuv.	—	300 000	V—VII	an Pflanzen.
<i>Abramis brama</i> L.	1,5	200'—300 000	V—VII	„ „
„ <i>ballerus</i> L.	—	—	IV—V	
„ <i>vimba</i> L.	—	—	V—VII	
<i>Blicca björkna</i> Cuv.	2	100 000	V—VI	an Pflanzen.
<i>Alburnus lucidus</i> Heck.	—	—	IV—VI	auf sandigem und steinigem Boden.
<i>Aspius rapax</i> Ag.	—	80'—100 000	IV—VI	auf kiesigem Grund.
<i>Pelecus cultratus</i> L.	—	100 000	V—VI	an Pflanzen.
<i>Cobitis fossilis</i> L.	1,5	100'—150 000	IV—VI	„ „
„ <i>barbatula</i> L.	1,5	—	IV—V	an Pflanzen und Steinen.
<i>Silurus glanis</i> L.	3	100 000	V—VI	an Uferbülten.
<i>Esox lucius</i> L.	2,5—3	100 000—1 000 000	II—V	an Pflanzen.
<i>Ramphistoma belone</i> L. (= <i>Belone acus</i> Risso)	3—3,5		V—VI	auf Algen.
<i>Spinachia vulgaris</i> Flem.	1,73—2,19		IV—V	auf Algen in Nestern.
<i>Gastrosteus aculeatus</i> L.	1,6—1,8	80—120	IV—VII	an Pflanzen in Nestern.
<i>Pygosteus pungitius</i> L.	1	80	V—VII	an Pflanzen in Nestern.
<i>Syngnathidae</i>			IV—VIII	Eier in einer Bruttasche oder am Bauche des ♂ klebend.



Art	Größe der Eier in mm	Zahl der Eier	Laichzeit	Bemerkungen
<i>Ammodytes tobianus</i> L.*)	{ 0,72—0,97 (0,63—0,79)		VIII—I?	Eier einzeln an Sandkörnern klebend.
„ <i>lanceolatus</i> Lesauv.*)			V—VII	Desgl. (?)
<i>Atherina presbyter</i> L.	1,85—1,90	1 000 000	VI, VII	auf Pflanzen.
<i>Lota vulgaris</i> Cuv.	1,05—1,14		XII—III	am Boden liegend oder flottierend.
<i>Centronotus gunellus</i> Bl.	2		XI—I	in Auster-schalen.
<i>Lumpenus lampretaeformis</i> Walb.	?		XII—IV?	
<i>Chirolophis galerita</i> Walb.	2,3—2,8		X—XII	auf Steinen?
<i>Blennius galerita</i> L.			VI—VII?	
<i>Blennius ocellaris</i> L.	1,2		VI, VII	in leeren <i>Buccinum</i> .
„ <i>pholis</i> L.*)	1,6 (1)		IV—VII?	auf Steinen.
<i>Zoarces viviparus</i> L.	—	400	XII—II	lebendig-gebärend.
<i>Anarrhichas lupus</i> L.	5,5—6		XI—I	in Klumpen am Boden.
<i>Gobius minutus</i> Pall.*)	1,08—1,4 (0,7—0,8)		IV—VIII	auf Muschel-schalen
„ <i>microps</i> Kr.*)	0,85—1,0 (0,65—0,7)		V	
„ <i>pictus</i> Malm.*)	0,75—0,8 (0,65)		IV, V	auf Muschel-schalen.
„ <i>flavescens</i> Fabr.*)	0,8 (0,6)		IV—VIII	auf Pflanzen.
<i>Gobius niger</i> L.	1,5		V—VII	auf Pflanzen, Steinen, Muscheln
„ <i>paganellus</i> Gm.*)	1,84—2,30 (0,74)		IV	Aszidien usw.

\*) Die mit \* versehenen Arten haben ovale Eier, und die zweite, in Klammern stehende Zahl oder Zahlengruppe bedeutet dann den kleinen Durchmesser des Eies.



Art	Größe der Eier in mm	Zahl der Eier	Laichzeit	Bemerkungen
<i>Crystallogobius nilssonii</i> v. Düb. & K. *)	1,2—1,5 (0,4—0,5)		VI	in leeren <i>Chaetopterus</i> -Röhren.
<i>Aphyia minuta</i> Risso			VI, VII	
<i>Lepadogaster bimaculatus</i> Donovan. *)	1,4—1,5 (1,16—1,2)		V—VIII	Muschel-schalen, Laminarien.
( <i>Lepadogaster gouani</i> Lacep. *)	1,90 (1,56)		V—VIII	an Steinen.
( <i>Lepadogaster candollei</i> Risso)			VI, VII	an Steinen.
<i>Scorpaena dactyloptera</i> Delar.			VI	
<i>Sebastes marinus</i> L.	1,12—1,7		IV—VII?	vivipar.
<i>Agonus cataphractus</i> L.	1,76—2,23		I—IV	zw. Laminarien-Wurzeln.
<i>Cottus gobio</i> L.	2—2,5	100—1000	II—V	zw. Steinen.
„ <i>scorpius</i> L.	1,95—2,51		XI—III	an Pflanzen.
„ <i>bubalis</i> Euphr.	1,51—1,76		II—IV	auf Steinen.
„ <i>quadricornis</i> L.			XI—II	„ „
<i>Cyclogaster montagui</i> Donovan.	1,03—1,19		II—IV	an Rot- und Braunalgen.
<i>Cyclogaster liparis</i> L.	1,35—1,67		XI—II	an Algen und Hydroiden.
<i>Cyclopterus lumpus</i> L.	2,2—2,6		I—IV	an Steinen und Pfählen.
<i>Labrus melops</i> L.	0,78		VII	lose in <i>Fuscus</i> -Nestern.
„ <i>bergylta</i> Asc.	1,1—1,14		V—VIII	lose in Pflanzen-Nestern.
„ <i>mictus</i> Kr. *)	0,92—1,08 (0,80—0,90)		V, VI	lose in Pflanzen-Nestern.
<i>Zeus faber</i> L.	2,03—2,14?		VI—VIII	?
<i>Perca fluviatilis</i> L.	2—2,5—3,5	200'—300 000	II—VI	auf Pflanzen und Steinen.
<i>Acerina cernua</i> L.	1	50'—100 000	III—VI	auf Steinen und Pflanzen.
<i>Lucioperca sandra</i> Cuv.	1—1,5	200'—300 000	IV—VI	auf Steinen und Wurzeln.
<i>Acipenser sturio</i> L.	2	3 400 000 bis 57 000 000	IV—VII	am Boden.



## 2. Tabellen zur Bestimmung planktonischer Eier der Nordsee und benachbarter Gewässer (mit Ausschluß der Ostsee)<sup>4)</sup>.

Die Eimaße sind in mm gegeben. Die römischen Ziffern bezeichnen die Monate der Laichzeit. Eine arabische Ziffer hinter der Monatszahl (z. B. VI: 1,15) bedeutet, daß der mittlere Eidurchmesser im genannten Monate (Juni) 1,15 mm beträgt.

In der Lage des Afters wird unterschieden:

Clupeiden-After: weit hinten in Schwanznähe ausmündend.

Pleuronectiden-After: unmittelbar hinter dem Dottersack ausmündend.

Gadiden-After: desgl., aber nicht am Rande des Flossensaums, sondern seitlich ausmündend.

Für die mit einem \* bezeichneten Arten bedürfen die Angaben der Bestätigung und Ergänzung.

Eier der eingeklammerten Arten sind im Gebiet bisher nicht beobachtet.

### A. Eier mit Öltröpfchen (B. s. S. XII. c 93).

#### I. Öl in Form zahlreicher Tröpfchen.

- A. Öltröpfchen chromgelb gefärbt, in ziemlich gleichmäßigen Abständen über den Dotter verstreut und während der Embryonalentwicklung allmählich kleiner werdend. Pigment gelb und schwarz; After unmittelbar hinter dem Dotterrand. Ei-Größe 1,006 bis 1,27 (1,37?) (VI: 1,15, VIII: 1,099). Laichzeit: IV bis IX. Südliche Nordsee. . . . . *Trachinus vipera* Cuv.

#### B. Öltröpfchen farblos.

- 1 zu mehreren Gruppen vereinigt, die aus sehr kleinen Tröpfchen gebildet werden; Pleuronectiden-After.

- a) wenige und kleine solche Gruppen, die sehr bald zu je einem Kügelchen verschmelzen. Ei-Größe: 1,36 bis 1,38. Laichzeit V bis VIII. SW von Großbritannien.

(*Solea lascaris* Bp.)

- b) mehrere kleinere und größere Gruppen von Ölkügelchen, die in gleicher Form auch bei der ausschlüpfenden Larve noch erhalten sind. Ei-Größe: 0,95 bis 1,58 (IV: 1,36, V: 1,20, VI: 1,11). Laichzeit: III bis VII (VIII?). Südliche Nordsee, Kanal. . . . . *Solea vulgaris* Quensel.

#### 2. Öltröpfchen alle fast gleich groß und in ziemlich gleichen Abständen über den Dotter verstreut.

- a) Dotter mit segmentierter Randzone (wie wahrscheinlich bei allen *Solea*-Arten). Pleuronectiden-After.

- a) Öltröpfchen zahlreich (etwa 40), bisweilen zu Gruppen vereinigt. Eier groß: 1,28 bis 1,36. Laichzeit II bis VIII SW von Großbritannien. . . (*Solea variegata* Donov.)

- β) Öltröpfchen immer isoliert, weniger zahlreich (12—15) Eier klein: 0,69 bis 0,94 (VI: 0,84, VII: 0,80). Laichzeit III bis VIII. Südliche Nordsee, Kanal.

*Solea lutea* Risso.

- b) Dotter nicht segmentiert; Ölkugeln nur im frühesten Entwicklungsstadium zahlreich, später in eine oder 2 bis 3 verschmelzend. Chorion fast immer mit einer Luft-Kalotte bedeckt. Gadiden-After. Ei-Größe: 0,66 bis 0,98. Laichzeit: II bis VIII (siehe II. B. 2. §§ a 1 dieser Tabelle auf S. XII. c 92) . . . . . Gattung *Onos* Risso.

<sup>4)</sup> Vgl.: Rapports et Procès Verbaux, 13, C 3 App. (1911).



II. Öl in Form einer Ölkugel, seltener neben einer größeren mehrere kleinere Kügelchen.

A. Dotter segmentiert.

- a) Segmentierung auf die Randzone beschränkt. After unweit des Dotterrandes. Ei-Größe: 0,81—0,91 (VI:0,87). Ölkugel 0,23—0,25 im vordersten Teil des Dotters. Laichzeit: V—VI, VII. Südliche Nordsee . . . . . *Mullus surmuletus* L.

b) Segmentierung total.

1. Eier mit großem perivitellinem Raum. Clupeiden - After. Ei-Größe: 1,50—1,90, Dotterkugel 0,80—0,95, Ölkugel 0,16. Laichzeit: IV bis X (VI—VIII), im Mittelmeer früher. Kanal, Atlantik südlich v. Irland. (*Clupea pilchardus* Walb.)
2. Eier ohne großen perivitellinen Raum.

- a) Eier mit glasheller Gallerthülle von 0,22 bis 0,25 mm Dicke, deren Oberfläche hexagonal gefeldert und in zahlreiche Spitzen („Zacken“) ausgezogen ist (vgl. Nord. Plankton I, Fig. 108a), After etwa in der Mitte des Körpers belegen. Ei-Größe: 1,35 bis 1,63 (VI:1,45). Dotter 0,91 bis 1,01. Ölkugel 0,22—0,28, bisweilen oval. Laichzeit: IV bis VII. Skagerrak, Atlantik. Scopeliden-art, wahrsch. . . . . *Myctophum glaciale* Reinh.

β) Eier ohne Gallerthülle.

- aa) Dotter durch die Segmentierung in Polyeder gegliedert. After hinter der Körpermitte. Ei-Größe: 0,81 bis 1,04 (VI:0,93; VII:0,91). Ölkugel 0,23 bis 0,28 im vorderen Teil des Dotters. Laichzeit: V bis VIII. Südliche Nordsee, Kanal, Atlantik.

*Caranx trachurus* L.

- ββ) Dotter durch die Segmentierung in zahlreiche Dotterkugeln gegliedert; After weit nach hinten belegen. Eier sehr groß.

- I. Eier mit 1—6 hellgelben Ölkugeln, darunter einer größeren im vorderen Teil des langgestreckten und spindelförmig ausgezogenen Dottersacks. Ei-Größe: 2,4—2,75. Laichzeit: VIII. Atlantik . . . (?*Conger vulgaris* Cuv.)

- II. Eier mit farbloser runder Ölkugel von 0,37 bis 0,47. Ei-Größe: 1,70 bis 1,85. Laichzeit: IV. Norwegische Rinne, Atlantik.

*Argentina sphyraena* L.

- III. Eier bathypelagisch mit farbloser oder zartrosa gefärbter, meist abgeflachter und selten gespaltener Ölkugel von 0,95—1,16. Ei-Größe: 3—3,5. Laichzeit: II—IX. Skagerrak, Atlantik.

*Argentina silus* Asc.

B. Dotter ohne Segmentierung, homogen.

1. Eier zu vielen in gemeinsamer Schleimhülle vereint, aus der sie sich aber oft zu isolieren scheinen.



- a) Eier polygonal gegeneinander abgeplattet mit großem perivitellinem Raum; Ei-Größe: 2,13 bis 2,36. Ölkugel meist gelb 0,53—0,57; embryonales Pigment sehr dunkel. — Laichzeit: VI bis VIII. Nordsee, Skagerrak, Kanal, Atlantik . . . . . *Lophius piscatorius* L.
- b) Eier ellipsoidisch, 0,90 zu 0,75 mit gelblicher Ölkugel von 0,18—0,20. Laichzeit: VII—IX. Mittelmeer, Atlantik.

(\**Fierasfer dentatus* Cuv.)

2. Eier isoliert, ohne gemeinsame Schleimhülle.

- I. Eier oval 1,25—1,40 zu 1,05—1,2. Ölkugel 0,12—0,17. Laichzeit: V—VIII. Nordwestliche Nordsee.

*Pagellus (Sparus) centrodontus* Delar.

II. Eier rund.

§. Ölkugel verhältnismäßig groß, eher gleich  $\frac{1}{4}$  als  $\frac{1}{5}$  des Eidurchmessers.

- a) Kleine Eier von 0,94 bis 1,03 mit Ölkugel: 0,25 bis 0,28; embryonales Pigment schwarz und gelb. Gadiden-After. Laichzeit: VII—IX (im Mittelmeer und vor den atlantischen Küsten von Süd-Europa früher, schon II beginnend). Engl. Kanal V—VIII. Skagerrak, Nordsee, Atlantik . . . *Merluccius vulgaris* Flem.
- b) Kleine Eier von 0,97 bis 1,13 (IV : 1,06) mit Ölkugel 0,28 bis 0,31, d. h. etwa  $\frac{1}{15}$  des Eidurchmessers. Öl meist gelblich oder grünlich. Embryonalpigment schwarz und hellgelb. Gadiden-After. Laichzeit: III bis VI. Nordsee, Atlantik . . . *Molva vulgaris* Flem.
- c) Mittelgroße Eier von 1,07 bis 1,22 mit Ölkugel von 0,25 bis 0,30, meist etwa  $\frac{1}{4}$  des Eidurchmessers. Embryonalpigment nur schwarz, der Dotter bleibt pigmentfrei. Pleuronectiden-After. Laichzeit: III bis V. Nördl. Nordsee, brit. Westküsten.

*Lepidorhombus whiff* Walb.

- d) Mittelgroße Eier von 1,15 bis 1,34 mit Ölkugel von 0,33 bis 0,40, Embryonalpigment schwarz und gelb auch auf dem Dotter, After weit hinter dem Dotterrand. Laichzeit: V—VIII. Kanal, Südliche Nordsee.

*Labrax lupus* Cuv.

- e) Mittelgroße Eier von 0,97 bis 1,38 (VI : 1,19; VII : 1,10) mit Ölkugel 0,25 bis 0,35, meist etwa  $\frac{1}{4}$  des Eidurchmessers; späte Embryonalstadien mit moosgrünem Pigment, Dotter pigmentfrei, After unmittelbar hinter dem Dotterrand. Laichzeit: V bis VIII. Nordsee, Skagerrak, Kanal, Atlantik . . . *Scomber scombrus* L.
- f) Größere Eier von 1,10 bis 1,60 (IV : 1,52; V : 1,42; VI : 1,28; VII : 1,23) mit Ölkugel 0,19 bis 0,33, meist etwas kleiner als  $\frac{1}{4}$  und bis  $\frac{1}{5}$  des Eidurchmessers. Embryonalpigment schwarz und gelb, frühzeitig auch auf dem Dotter; Brustflossen des Embryos auffällig;



After dicht hinter dem Dotterrand. Laichzeit: IV—VIII. Nordsee, Kanal, Atlantik.

*Trigla gurnardus* L. und ähnlich andere *Trigla*-Arten, nämlich *Trigla hirundo* Bl. (VI), *Trigla lineata* L. (VI—VII), *Trigla cuculus* L. (= *pini* Bl.) (IV—VIII).

§§. Ölkugel relativ weniger groß, etwa  $\frac{1}{5}$  des Eidurchmessers.

a) Kleine Eier von 0,66—0,98 mit Ölkugel von 0,12—0,19. Gadiden-After.

1. Ölkugel oft schwach grünlich, gelblich oder rötlich gefärbt, Chorion fast immer mit anhängender Luftkalotte; embryonales Pigment nur schwarz, den Dotter frei lassend.

α) Pigment in 3 Zonen auf dem postanalen Körperabschnitt: Küstengewässer. Laichzeit: I—VI (II: 0,86; III: 0,82; IV: 0,79; V: 0,76). Nordwesteuropäische Küsten . . . *Onos mustela* L.

β) Pigment in 2 Zonen auf dem postanalen Körperabschnitt; offene See. Laichzeit: II bis VIII (III: 0,90; IV: 0,87; V: 0,83; VI: 0,76). Nordsee, Skagerrak, atlantische Küsten *Onos cimbrius* L.

2. Ölkugel farblos, Chorion ohne Luftbesatz, embryonales Pigment schwarz und gelb, auch auf dem Dotter; algenbewachsene Küstengewässer. Ei-Größe: 0,75 bis 0,91 (VI: 0,85; VIII: 0,83). Ölkugel 0,14—0,19. Laichzeit V bis IX. Nordwesteurop. Küsten . . . . . *Raniceps raninus* L.

b) Mitteltgroße Eier von 0,94 bis 1,11 mit Ölkugel: 0,19—0,23 im vorderen Teil des Dottersacks, Pigment nur schwarz, den Dotter frei lassend, After unmittelbar hinter dem Dottersack. Laichzeit: VI—VIII. Südliche Nordsee . . . . . *Trachinus draco* L.

c) Große Eier von 1,26 bis 1,52 (IV: 1,403; V: 1,365) mit meist roter Ölkugel von 0,23 bis 0,32. Pigment schwarz, den Dotter freilassend, gegen Ende der Embryonalzeit mit grünlichem Schimmer im Vorderkörper und an der Schwanzspitze; Gadiden-After. Laichzeit: IV—VI. Nördliche Nordsee, Nortatlantik.

*Brosmius brosme* Asc.

§§§. Ölkugel meist kleiner als  $\frac{1}{5}$  des Eidurchmessers bis  $\frac{1}{6}$  und darunter.

a) Eier extrem klein, 0,60 bis 0,76 mit Ölkugel: 0,11 bis 0,13. Kein schwarzes, nur rostrotes Pigment, Pleuronectiden-After.

α) Pigment in einer postanalensammlung. Laichzeit: VI bis VIII (VI: 0,70; VIII: 0,65). Südliche Nordsee, Kanal, Atlantik

*Arnoglossus laterna* Walb.



- β) Pigment in zwei postanalen Ansammlungen. Laichzeit: VI bis VII. Kanal, Atlantik, Südliche Nordsee (?) . . . . . (\**Arnoglossus grohmanni* Bp.)
- b) Ei-Größe 0,90 bis 0,92, Ölkugel 0,15, in der Mitte des unteren Dotterrandes. Laichzeit: VII bis VIII. Kanal und Schottische Ostküste . . . . . \**Serranus cabrilla* L.
- c) Ei-Größe 0,90 bis 1,01. Ölkugel 0,15—0,17 oft gelblich. Pigment schwarz und goldgelb, den Dotter freilassend, After hinter der Mitte des Körpers. Laichzeit VI bis VIII. Kanal . . . . . (\**Capros aper* Lacep.)
- d) Ei-Größe 0,72 bis 0,98 (IV: 0,92?, VI: 0,80). Ölkugel 0,09—0,16, während der Entwicklung kleiner werdend. Pigment zart, schwarz und hellgelb, auch auf dem Dotter. Pleuronectiden-After. Laichzeit: III bis VIII. Nordsee, britische und norwegische Küsten  
*Scophthalmus norvegicus* Gthr.
- e) Ei-Größe 0,90 bis 0,99, Ölkugel 0,16 bis 0,18. Pigment zart, schwarz und gelb, auch auf dem Dotter, Pleuronectiden-After. Laichzeit: IV—VI. Kanal und SW von Großbritannien (?)  
(\**Scophthalmus unimaculatus* Risso.)
- f) Ei-Größe 0,92 bis 1,07 (II, III: 1,03; IV, V: 0,98). Ölkugel 0,17 bis 0,20, Pigment schwarz und chromgelb, auch auf dem Dotter und der Ölkugel. Pleuronectiden-After. Laichzeit: II—VI. Britische und skandinavische Küsten, nördl. Nordsee  
*Zeugopterus punctatus* Bloch.
- g) Ei-Größe 0,91 bis 1,195 (VI: 1,03, VII: 0,99). Ölkugel 0,15—0,22, Pigment schwarz und rostrot, den Dottersack freilassend aber auf die Flossensäume übergreifend, Pleuronectiden-After. Laichzeit: IV—VIII. Nordsee, Kanal . . . . . *Rhombus maximus* L.
- h) Ei-Größe 1,16 bis 1,51 (V: 1,39; VI: 1,29). Ölkugel 0,16—0,25, Pigmentierung sehr lebhaft, schwarz, gelb, rot, auch auf dem Dottersack und den Flossensäumen. Pleuronectiden-After. Laichzeit: III bis VIII. Nordsee, Kanal, Kattegat

*Rhombus laevis* (Rondel.) Gottsche.

#### B. Eier ohne Öltropfen (A. s. S. XII. c 89).

- I. Eiform oval, 1,3 bis 1,9 zu 0,7 bis 1,2, die größten kommen im Brackwasser vor (Zuidersee: V: 1,60 zu 0,92; VII: 1,37 zu 0,83). Dotter segmentiert, Pigment fehlend. Chorda größtenteils einzeilig. Clupeiden-After. Laichzeit: V bis VII. Südliche Nordsee, Westeuropäische Küsten . . . . . *Engraulis encrasicolus* L.
- II. Eiform rund
- A. Eihaut mit bienenwabenartig geordneten Leisten. Dotter mit segmentierter Randzone, Pigment vorherrschend gelblich und schwarz, sehr zart. Ei-Größe 0,69 bis 0,94 (V: 0,845; VI: 0,78).



After eine kurze Strecke hinter dem Dotterrind. Laichzeit: III bis VIII (Kanal schon II). Nordsee, westeuropäische Küsten, Kanal : . . . . . *Callionymus lyra* L.<sup>5)</sup>

B. Eihaut glatt.

1. Ei mit sehr großem perivitellinem Raum, Eigröße sehr erheblich und sehr variabel 1,38 bis 3,5 (Nordsee: III: 2,015; IV: 1,97). Pigment gelb und schwarz, Pleuronectiden-After. Laichzeit: I—V. Kattegat, Nordsee, Atlantik, Eismeer

*Drepanopsetta platessoides* Fabr.

2. Ei ohne großen perivitellinen Raum.

- a) Ei mit segmentiertem Dotter, Ei-Größe 0,82 bis 1,23 (III: 1,07; V: 0,97; VI: 0,93). Pigment nur schwarz, äußerst zart, Chorda einzeilig, Clupeiden-After. Laichzeit: I (III bis V) bis VIII. Küsten der Nordsee, des Skagerraks, des Kanals und des Atlantik . . . . . *Clupea sprattus* L.

- β) Eier mit homogenem Dotter.

- a) Kleine Eier von 0,66 bis 0,98 (II: 0,85; III: 0,84; IV: 0,82; V: 0,78; VI: 0,76; VII: 0,74). Pigment citronengelb und schwarz, zart; Pleuronectiden-After. Laichzeit: I—IX. Nordsee, atlantische Küsten, Skagerrak

*Pleuronectes limanda* L.

- b) Kleine Eier von 0,82 bis 1,13 (II: 1,00; III: 0,975; IV: 0,92). Pigment chromgelb und schwarz, kräftig, Pleuronectiden-After. Laichzeit: I—IV. Nordwesteuropäische Küsten . . . . . *Pleuronectes flesus* L.

- c) Kleine Eier von 0,72 bis 0,94 (VI: 0,87; VII: 0,82; VIII: 0,81). Pigment nur schwarz, zart. After eine Strecke hinter dem Dotterrind, Chorda einzeilig. Nur in der Nähe von felsigen Küsten vorkommend. Laichzeit: V bis VIII. Kanal, Nordsee, westeuropäische Küsten

*Labrus rupestris* L.

- d) Kleine Eier von 0,80 bis 0,88 mit spärlichem, schwarzem Pigment, welches den Dottersack freiläßt, Gadiden-After; nur über großen Tiefen. Laichzeit: V (?). Norwegische Rinne, Atlantik . . . (\**Phycis blennoides* Brünn.)

- e) Kleine Eier von 0,95 bis 1,07, Pigment schwarz und gelb, letzteres auch auf dem Dottersack, Gadiden-After. Laichzeit: II—VI. Kanal, Nordsee, nordwesteuropäische Küsten . . . . . \**Gadus minutus* O. F. Müller.

- f) Kleine Eier von 0,97 bis 1,23 (XII: 1,10). Pigment schwarz, vereinzelt auf den Dotter ausstrahlend; von gelb nur ein schwacher Schimmer; Gadiden-After. Laichzeit: XI—VI. Kanal, südwestliche Nordsee, britische Westküste . . . . . *Gadus luscus* L.

- g) Kleine Eier von 1,0 bis 1,13 (II: 1,08; III: 1,07). Pigment nur schwarz, den Dotter freilassend. Gadiden-

<sup>5)</sup> Die Eier der verwandten Form, \**C. maculatus* Rafin., welche mehr im tiefen Wasser vorkommt und in der westlichen Nordsee häufiger ist, sind in der Größe und im Aussehen kaum verschieden; die Laichzeit dieser Art fällt in die wärmeren Monate VI—VIII.



After. Laichzeit: I—IV. Mittlere und nördliche Nordsee, Skagerrak, Atlantik . . . *Gadus esmarki* Nilss.

- h) Mittelgroße Eier von 1,03 bis 1,22 (III: 1,15; IV: 1,12). Pigment nur schwarz, vereinzelt auf den Dotter übergreifend. Gadiden-After. Die Eier kommen meist über Tiefen von etwa 150 bis 200 m vor, selten unter 100 m. Laichzeit: I—IV. Nördliche Nordsee, Skagerrak, Atlantik . . . *Gadus virens* L.

- i) Mittelgroße Eier von 1,10 bis 1,22, Pigment wahrscheinlich nur schwarz. Gadiden-After. Die Eier finden sich wahrscheinlich in der Nähe felsiger Gründe. Laichzeit: I—VI. Kanal, britische (und skandinavische) Küsten. *\*Gadus pollachius* L.

- k) Mittelgroße Eier von 0,97 bis 1,32 (II: 1,21; III: 1,18; IV: 1,13; V: 1,10; VI: 1,04). Pigment schwarz und gelb, besonders letzteres auch auf den Flossensäumen und dem Dotter; Gadiden-After. Laichzeit: XII—VII. Nordsee, Kanal, westeuropäische Küsten.

*Gadus merlangus* L.

- l) Mittelgroße Eier von 1,07 bis 1,25. Pigment minimal, fast fehlend, zart, gelb und schwarz (?); Pleuronectiden-After; wahrscheinlich nur über Tiefen von mindestens 100 m und mehr. Laichzeit: V—IX. Nördliche Nordsee, Skagerrak, Atlantik. . . *Pleuronectes cynoglossus* L.

- m) Größere Eier von 1,16 bis 1,60 (II: 1,45; III: 1,41; IV: 1,30). Pigment nur schwarz, den Dotter freilassend, zuletzt in Gruppierung von 3 Zonen auf dem postanal Körperabschnitt; Gadiden-After. Laichzeit: I—IX. Nordsee, nordatlantische Gewässer. . . *Gadus morrhua* L.

- n) Größere Eier von 1,19 bis 1,67 (II: 1,526; III: 1,434; IV: 1,398; V: 1,34). Pigment nur schwarz, den Dotter freilassend, zuletzt in einer längs der ventralen Kante verlaufenden Doppellinie im postanal Körperabschnitt angeordnet. Gadiden-After. Laichzeit: I—VI. Mittlere und nördliche Nordsee, Nordatlantik. *Gadus aeglefinus* L.

- o) Größere Eier von 1,13 bis 1,45 (IV, V: 1,37; VI: 1,25). Pigment schwarz und gelb, auch auf dem Dottersack und den Flossensäumen; Pleuronectiden-After. Laichzeit: II, III (Kanal), IV—X. Nordsee (bes. nordwestl. Teil), atlantische Gewässer, Kanal.

*Pleuronectes microcephalus* Donov.

- p) Große Eier von 1,66 bis 2,20 (XII: 1,96; II: 1,93; III: 1,89; IV: 1,88). Pigment schwarz und gelb, den Dottersack meist (aber nicht immer völlig) freilassend; Pleuronectiden-After. Laichzeit: XII—VI. Nordsee, Atlantik, Eismeer. . . *Pleuronectes platessa* L.



q) Sehr große Eier von 3 bis 4,25 mm, vielleicht auch noch größer, bathypelagisch, unvollkommen bekannt. Laichzeit: I—V. Atlantik, Island, norwegische Fjorde.

(\**Hippoglossus vulgaris* Flem.)

r) Sehr große Eier von ca. 4 bis 4,5 mm, bathypelagisch, unvollkommen bekannt. Laichzeit: V. Davis-Straße.

(\**Platysomatichthys hippoglossoides* Walb.)

### 3. Tabelle zur Bestimmung planktonischer Eier der Ostsee<sup>6)</sup>.

#### A. Eier mit Öltröpfchen.

- I. Ölkugel etwa  $\frac{1}{5}$  des Eidurchmessers, häufig gelb, 0,17—0,22. Eigröße: 0,81—1,25. (V: 0,95.) Westl. Ostsee: Laichzeit: I—VIII. Mittlere und östl. Ostsee: 0,94—1,32, Ölkugel 0,17—0,25. (V: 1,15). III—VIII. . . . . *Onos cimbrius* L.
- II. Ölkugel etwa  $\frac{1}{6}$  des Eidurchmessers und weniger, 0,16—0,22. Eigröße: 0,87—1,19. Westl. Ostsee VII. . . *Rhombus maximus* L.
- III. Größere Eier von 1,32—1,63 mit Ölkugel von 0,22—0,32. Westl. Ostsee VIII. . . . . *Trigla gurnardus* L.

#### B. Eier ohne Öl.

- I. Dotter segmentiert. Westl. Ostsee: V—VIII, 1,00—1,45 (V: 1,16, VIII: 1,06); mittl. und östl. Ostsee: 1,23—1,58 (V: 1,39), V—VIII. *Clupea sprattus* L.
- II. Dotter homogen.
  - a) Eier sehr groß, Embryonalpigment schwarz und gelb. Westl. Ostsee: 1,57—2,18. XI—V. Mittl. Ostsee: 1,76—2,18, bis Gotland-Tiefe. (XI: 1,94; II: 1,90; V: 1,76). VII—III. *Pleuronectes platessa* L.
  - b) Eier groß, Embryonalpigment schwarz. Westl. Ostsee: 1,2—1,67 (II: 1,50; V: 1,42). I—VII; mittl. und östl. Ostsee: 1,38—1,94 (V: 1,76; VIII: 1,64). III—VIII. . . . *Gadus morrhua* L.
  - c) Eier kleiner, Embryonalpigment gelb und schwarz, Eihaut meist irisierend.
    - $\alpha$ ) Westl. Ostsee: 0,95—1,27 (V: 1,06). II—V; mittl. Ostsee: 1,11 bis 1,35 (V: 1,22). III—V; östl. Ostsee: 1,23—1,43. III—V. *Pleuronectes flesus* L.<sup>7)</sup>
    - $\beta$ ) Westl. Ostsee: 0,78—1,05 (V: 0,94). II—VIII; mittl. Ostsee: 0,97—1,20 (V: 1,09), bis VIII. . . *Pleuronectes limanda* L.

<sup>6)</sup> Außer den hier aufgeführten Arten sind in der westlichen Ostsee zu erwarten — obwohl bisher nicht oder nur vereinzelt gefunden — die Eier von *Solea vulgaris* Quens., *Rhombus laevis* (Rond.) Gottsche, *Gadus merlangus* L. und *Labrus rupestris* L., doch dürften diese von den entsprechenden Nordseeformen nicht wesentlich verschieden sein.

Vgl. auch: Wissensch. Meeresunters., Abt. Kiel, 14, p. 318 (1912).

<sup>7)</sup> Auf einigen flacheren Gründen der mittleren Ostsee (Oderbank, Mittelbank) finden sich wesentlich kleinere Flundereier von der Größe der Nordsee-Eier (s. S. XII. h 37).



## Anhang B:

### Bestimmungsschlüssel zu 75 Familien der Fische von Nord- und Ostsee

Von GEORG DUNCKER, Hamburg

1. a) Mund ohne getrennte Kiefer, in Form einer Saugscheibe.  
     Paarige Flossen fehlen. Keine Flossenstrahlen . . . . . **2**  
   b) Mund mit gesondertem Ober- und Unterkiefer . . . . . **3**
  
2. a) Saugmund kreisförmig, ohne Bärtel. 7 Kiemenöffnungen  
     jederseits . . . . . *Petromyzontidae*  
   b) Saugmund oval, mit 4 Paar Bärteln am Vorderrand. Nur  
     eine weit vom Kopf entfernte Kiemenöffnung jederseits  
     . . . . . *Myrinidae*
  
3. a) Paarige Flossen [wenigstens die  $P^1$ ] vorhanden . . . . . **4**  
   b) Paarige Flossen, sowie  $A^1$  und  $C^1$  fehlend. Nur eine  
     kurze  $D^1$  auf Rückenmitte. Körper wurmförmig (vgl.  
     73 b) . . . . . *Syngnathidae*
  
4. a) 5 bis 6 Kiemenöffnungen jederseits . . . . . **5**  
   b) Nur eine Kiemenöffnung jederseits . . . . . **15**
  
5. a) Kiemenöffnungen seitlich. Rumpf nicht scheibenförmig,  
     allmählich in den muskulösen Schwanz übergehend. Zähne  
     spitz. Haut chagrinartig, mit kleinen, dichtstehenden, gleich-  
     förmigen Dornen (Haie) . . . . . **6**  
   b) Kiemenöffnungen an der Bauchfläche. Rumpf depress,  
     scheibenförmig, scharf von dem dünnen Schwanz abgesetzt.  
     Haut nackt oder mit kräftigen, isolierten Dornen ungleicher  
     Größe besetzt (Rochen) . . . . . **12**
  
6. a) Nur eine  $D$ , gegenüber der  $A$ . 6 Kiemenöffnungen jeder-  
     seits . . . . . *Notidanidae*  
   b) Zwei  $D$ . 5 Kiemenöffnungen jederseits . . . . . **7**
  
7. a)  $A$  vorhanden . . . . . **8**  
   b)  $A$  fehlend . . . . . **10**
  
8. a) Die vordere  $D$  über oder hinter den  $V$  . . . . . *Scylliidae*  
   b) Die vordere  $D$  gegenüber der Mitte zwischen  $P$  und  $V$  . . . . . **9**
  
9. a) Auge mit Nickhaut . . . . . *Carchariidae*  
   b) Auge ohne Nickhaut . . . . . *Lamnidae*
  
10. a) Die vordere  $D$  gegenüber der Mitte zwischen  $P$  und  $V$  . . . . . **11**  
   b) Beide  $D$  schwanzständig. Körper depresß . . . . . *Rhinidae*
  
11. a) Beide  $D$  mit vorderem Stachel . . . . . *Spinacidae*  
   b) Beide  $D$  stachellos . . . . . *Scymnidae*

<sup>1)</sup>  $P$  bedeutet Brustflossen,  $V$  Bauchflossen,  $D$  Rückenflosse,  $A$  Afterflosse,  $C$  Schwanzflosse. Die zuweilen dahinter stehenden Zahlen sind die der Flossenstrahlen (römisch: Stacheln; arabisch: weiche Gliederstrahlen); sind mehrere  $D$  oder  $A$  vorhanden, so werden sie hier als  $D_1$ ,  $D_2$ ,  $D_3$ , bzw. als  $A_1$  und  $A_2$  bezeichnet.



12. a) Zwei *D*. Schwanz ohne Stachel . . . . . 13  
 b) *D*, falls vorhanden, schwanzständig, dahinter ein langer gerader, gesägter Stachel vor der Mitte der Schwanzlänge (oft von den Fischern entfernt!) . . . . . 14
13. a) Haut nackt, Schwanz kurz, gedrunken. *C* wohlentwickelt  
*Torpedinidae*  
 b) Haut mehr oder minder bedornt. Schwanz gestreckt, jederseits mit einem häutigen Längssaum und mehreren Längsreihen scharfer, gekrümmter Dornen. *C* rudimentär oder fehlend . . . . . *Rajidae*
14. a) Haut nackt, Schwanz sehr lang und dünn, ohne seitliche Hautsäume. *D* fehlend . . . . . *Trygonidae*  
 b) Wie a, jedoch *D* vorhanden . . . . . *Myliobatidae*
15. a) *V* vorhanden . . . . . 16  
 b) *V* fehlend oder durch eine runde Saugscheibe zwischen den *P* ersetzt . . . . . 65
16. a) *V* ohne vorderen Stachel . . . . . 17  
 b) *V* mit vorderem Stachel . . . . . 98
17. a) *V* bauchständig, mit mindestens 5 Gliederstrahlen . . . . . 18  
 b) *V* kehlständig, bisweilen rudimentär . . . . . 29
18. a) Haut ohne echte Schuppen . . . . . 19  
 b) Haut beschuppt . . . . . 21
19. a) Mund klein, unterständig . . . . . 20  
 b) Mund breit, endständig, mit jederseits einem langen Bärtel am Ober- und zwei kürzeren am Unterkiefer. *D* sehr kurz, über den *V*. *A* fast die ganze Länge der Schwanzunterseite einnehmend . . . . . *Siluridae*
20. a) Haut völlig nackt. Zwei *D*, die vordere rumpfständig, mit kräftigem, vorderem Stachel. Schwanz fadenförmig auslaufend, ohne *C*. Mund ohne Bärtel . . . . . *Chimaeridae*  
 b) Am Körper, statt Schuppen, 5 Längsreihen großer knöcherner Schilder. Nur eine kurze schwanzständige *D* ohne Stachel. Schwanz kräftig, heterozerk; *C* vorhanden. An der Unterseite der Schnauze 4 Bärtel in einer Querreihe vor dem Mund . . . . . *Acipenseridae*
21. a) Schuppen zyklod. *V* wohlentwickelt, mit mindestens 7 Gliederstrahlen . . . . . 22  
 b) Schuppen ktenoid. *V* klein, 5-strahlig, in eine Grube des Bauches aufnehmbar. *D* schwanzständig, mit vorderem, stacheligem Abschnitt. Schnauze röhrenförmig, mit kleiner, vorderer, zahnloser Mundöffnung . . . . . *Macrorhamphosidae*
22. a) Oberer Mundrand in der Mitte von den Zwischen-, seitlich von den Oberkiefern gebildet. Keine Bärtel . . . . . 23



- b) Oberer Mundrand ausschließlich von den Zwischenkiefern gebildet . . . . . 27
- 23. a) *D* rumpfständig, gegenüber den V . . . . . 24
- b) *D* schwanzständig, gegenüber der *A* . . . . . 25
- 24. a) Keine Fettflosse. Keine Seitenlinie. Schuppen leicht abfallend. Bezahnung sehr schwach . . . . . *Clupeidae*
- b) Eine Fettflosse auf dem Rücken über der hinteren Hälfte der *A*. Seitenlinie vorhanden. Beschuppung ziemlich fest. Bezahnung meist deutlich . . . . . *Salmonidae*
- 25. a) Seitenlinie auf der Mitte der Körperseite. Schnauze depreß, breit mit auffällig kräftigen Reißzähnen . . . . . *Esocidae*
- b) Seitenlinie jederseits am Bauch entlang verlaufend . . . . . 26
- 26. a) Schnauze schnabelartig, pfriemförmig, mit kleinen spitzen Zähnchen. *P* nicht auffallend vergrößert . . . . . *Belonidae*
- b) Schnauze gerundet. Zähne rudimentär. *P* stark vergrößert, zu Flugorganen (Tragflächen) umgewandelt *Exocoetidae*
- 27. a) *D* mäßig lang oder kurz, ausschließlich rumpfständig. *V* 7 bis 10 . . . . . 28
- b) *D* lang, den größten Teil des Rumpfes und des Schwanzes einnehmend. Körper stark kompreß. *V* 15 bis 17 . . . *Lamprididae*
- 28. a) Fettflosse vorhanden. Bauchkante mit Leuchtorganen. Mund mit kleinen Zähnchen. Hochseefische . . . . . *Scopelidae*
- b) Keine Fettflosse. Keine Leuchtorgane. Mund zahnlos. Süßwasserfische . . . . . *Cyprinidae*
- 29. a) Augenstellung normal. Körper gestreckt . . . . . 34
- b) Beide Augen auf derselben Kopfseite. Körper sehr stark kompreß, hoch (Plattfische, *Heterosomata*) . . . . . 30
- 30. a) Hinterrand des Präopercels deutlich sichtbar. Oberes Auge hinter dem unteren. Mund bezahnt. Unterkiefer vorragend . . . . . 31
- b) Hinterrand des Präopercels in der Haut verborgen. Oberes Auge vor dem unteren. Mund sehr klein, mit rudimentären Zähnen oder ohne solche. Oberkiefer vorragend. Normal rechtsäugig . . . . . *Soleidae*
- 31. a) *V* mit kurzer Basis. *D* über dem oberen Auge beginnend. Narinen mit parallelen Lamellen. Normal rechtsäugig . . . . . 32
- b) *V* mit langer Basis. *D* vor den Augen auf der Blindseite der Schnauze beginnend. Narinen mit radiären Lamellen. Normal linksäugig . . . . . 33
- 32. a) Mundspalte weit, bis unter das untere Auge reichend. Bezahnung der Kiefer beiderseits gleich . . . . . *Hippoglossidae*
- b) Mundspalte eng, nicht bis unter die Augen reichend. Kieferbezahnung auf der Blindseite viel stärker als auf der Augenseite . . . . . *Pleuronectidae*



33. a) V-Basis der Augenseite viel länger und weiter nach vorn reichend als die der Blindseite. Mundspalte eng, nicht bis unter das untere Auge reichend . . . . . *Bothidae*  
 b) Beide V-Basen gleich lang. Mundspalte weit, hinter das untere Auge reichend . . . . . *Rhombidae*
34. a) A vorhanden : . . . . . 35  
 b) A fehlend. D lang. C frei. V ohne Stachel, mit 1 bis 12 langen, fadenförmigen Gliederstrahlen. Körper bandförmig vgl. 76. a) . . . . . *Trachypteridae*
35. a) D, C und A vereinigt. D und A lang . . . . . 36  
 b) C frei. D und A entweder lang oder in mehrere (2 bis 3 D, 2 A) stets gliederstrahlige Flossen geteilt. Meistens mit einem medianen Kinnbärtel. V wohl entwickelt, in der Regel mit 6 Gliederstrahlen, deren zweiter oft verlängert ist . . . *Gadidae*
36. a) Zwei D, die vordere kurz und frei. Kinn mit medianem Bärtel. Mund unständig. V 7 bis 8, wohl entwickelt . . *Macruridae*  
 b) Nur eine ungeteilte D. Bärtel fehlend. Mund endständig. V 2 bis 3, rudimentär . . . . . 37
37. a) In der hinteren Hälfte der D eine Reihe kurzer Stachelstrahlen, kürzer als die davor und dahinter befindlichen Gliederstrahlen . . . . . *Zoarcidae*  
 b) Alle D-Strahlen gleich lang, gegliedert . . . . . *Lycodidae*
38. a) V brustständig, wohl entwickelt . . . . . 39  
 b) V bauch- oder kehlständig, bisweilen rudimentär . . . 57
39. a) A mit 1 bis 4 vorderen Stachelstrahlen . . . . . 40  
 b) A ausschließlich Gliederstrahlen enthaltend . . . . . 54
40. a) V getrennt . . . . . 41  
 b) V an ihren Innenrändern vereinigt, frei von der Bauchhaut, mit wohl entwickelten Strahlen . . . . . *Gobiidae*
41. a) V I 5. A mit 1 bis 3 Stacheln . . . . . 42  
 b) V I 6. A mit 4 Stacheln . . . . . *Zeidae*
42. a) Mit Flößchen hinter der D und der A . . . . . 43  
 b) Ohne Flößchen . . . . . 44
43. a)  $D_1$  um mehr als ihre Länge von  $D_2$  getrennt . . . *Scombridae*  
 b)  $D_1$  nahe vor  $D_2$  endend . . . . . *Thynnidae*
44. a) Mit einem Paar langer Kinnbärtel . . . . . *Mullidae*  
 b) Ohne Kinnbärtel . . . . . 45
45. a) Die beiden vorderen der 3 A-Stacheln von der Flosse getrennt. Seitenlinie mit großen Schildern besetzt. Stachelige D kurz, gliederstrahlige und A lang . . . . . *Carangidae*  
 b) Stacheln der A mit den Gliederstrahlen durch Flossenhaut verbunden . . . . . 46



46. a) Hinterer gliederstrahliger Abschnitt der *D* viel länger als der vordere stachlige . . . . . 47  
b) Stachliger Abschnitt der *D* kaum kürzer, oft länger als der gliederstrahlige oder die *A*. Letztere beiden kurz oder mäßig lang . . . . . 49
47. a) Nur eine *D*, ähnlich der langen *A* . . . . . 48  
b) Zwei *D*, die gliederstrahlige viel länger als die stachlige oder die kurze *A* . . . . . *Sciaenidae*
48. a) Schlundröhre ohne bezahnte Papillen . . . . . *Bramidae*  
b) Schlundröhre mit bezahnten Papillen besetzt . . . . . *Stromateidae*
49. a) *A* mit 1 bis 2 Stacheln . . . . . *Percidae*  
b) *A* mit 3 (und mehr) Stacheln . . . . . 50
50. a) Schuppen ktenoid . . . . . 51  
b) Schuppen zyklold . . . . . *Labridae*
51. a) Ventrale *P*-Strahlen nicht verstärkt, geteilt . . . . . 52  
b) Ventrale *P*-Strahlen verstärkt, ungeteilt . . . . . *Scorpaenidae*
52. a) Zähne klein, konisch, gleichförmig . . . . . 53  
b) Vordere Zähne breit, schneidezahnähnlich; hintere bisweilen backenzahnartig, abgeflacht, gerundet . . . . . *Sparidae*
53. a) Seitenlinie bis zur *C* reichend (vollständig). Schuppen nur am Hinterrand mit Kammdornen besetzt . . . . . *Serranidae*  
b) Seitenlinie nur in der vorderen Körperhälfte entwickelt (unvollständig). Die ganze Oberfläche der Schuppen mit härchenartigen Kammdornen besetzt . . . . . *Caproidae*
54. a) *P* ohne freie Strahlen . . . . . 55  
b) Die 3 ventralen *P*-Strahlen jederseits frei, verstärkt, ungeteilt, zu Schreit- und Tastorganen umgewandelt. V I 5 . . . . . *Triglidae*
55. a) V I 5. Körper sehr langgestreckt, kompreß, bandförmig. Je eine sehr lange, ausschließlich gliederstrahlige *D* und *A*. Schuppen klein, zyklold . . . . . *Cepolidae*  
b) V I 2 bis 4. Körper gedrunen, keulenförmig, mit breitem Kopf. Zwei *D*, die vordere stachlig . . . . . 56
56. a) Haut nackt, Unterkiefer ohne Bärtel . . . . . *Cottidae*  
b) Körper durch zusammenschließende Reihen knöcherner Platten vollständig gepanzert. Unterkiefer mit zahlreichen Bärteln . . . . . *Agonidae*
57. a) *V* bauchständig. *A* mit 1 bis 3 Stacheln . . . . . 58  
b) *V* kehlständig . . . . . 60
58. a) V I 1 bis 2. 2 bis 17 isolierte Stacheln vor der gliederstrahligen *D* . . . . . *Gastrosteidae*  
b) V I 5. Zwei kurze, weit getrennte *D* . . . . . 59
59. a) Vordere *D* mit 4, *A* mit 3 Stacheln . . . . . *Mugilidae*.  
b) Vordere *D* mit 5 bis 9, *A* mit einem Stachel . . . . . *Atherinidae*



60. a) Ohne Saugscheibe zwischen den V . . . . . 61  
 b) Mit einer Saugscheibe zwischen den weit auseinanderstehen-  
 den V. V I 4 bis 5. Je eine stachellose *D* und *A* . . . *Gobiesocidae*
61. a) V I 5, wohl entwickelt. *A* ohne Stacheln . . . . . 62  
 b) V I 2, oft rudimentär . . . . . 64
62. a) Kopf kompreß. Haut mit kleinen Zykloidschuppen bedeckt.  
 Kiemenöffnung von normaler Lage und Weite . . . *Trachinidae*  
 b) Kopf niedergedrückt. Haut nackt. Kiemenöffnung ein  
 rundliches Loch an ungewöhnlicher Stelle . . . . . 63
63. a) Kiemenöffnung am dorsalen Rand des Operkels. Mund eng.  
*P*-Basis nicht verstärkt. Keine Tentakel auf dem Kopf  
*Callionymidae*  
 b) Kiemenöffnung in der Achsel der *P*. Mundspalte ungewöhn-  
 lich breit. *P*-Basis stark muskulös, armartig verlängert.  
 3 lange, mediane Tentakel auf dem Kopf . . . *Lophiidae*
64. a) Vordere *D* mit nur 3 Stacheln, von der hinteren, viel  
 längeren, gliederstrahligen getrennt . . . . . *Batrachidae*  
 b) Stacheliger und gliederstrahliger Abschnitt der *D* zusammen-  
 hängend, der erste wohl entwickelt, oft länger als der zweite  
*Blenniidae*
65. a) V gänzlich fehlend . . . . . 66  
 b) V durch eine runde Saugscheibe auf der Bauchhaut zwischen  
 den *P* ersetzt . . . . . 75
66. a) *A* fehlend. *D* lang . . . . . 76  
 b) *A* vorhanden . . . . . 67
67. a) *D*, *C* und *A* vereinigt. *D* und *A* lang. Körper sehr gestreckt  
 (aalförmig) . . . . . 68  
 b) *C* nicht mit *D* und *A* verwachsen . . . . . 69
68. a) Afteröffnung kehlständig, weit vor der *A* . . . *Fierasferidae*  
 b) Afteröffnung dicht vor der *A* . . . . . *Anguillidae*
69. a) *A* lang, fast die ganze Schwanzunterseite einnehmend . . . 70  
 b) *A* wesentlich kürzer als die Schwanzunterseite . . . . . 71
70. a) Kieferzähne sehr schwach und klein, leicht übersehbar. Kinn  
 spitz, auffällig stark vorspringend (Bohrorgan) . . *Ammodytidae*  
 b) Kiefer mit sehr großen und starken, vorn konischen, hinten  
 abgeflachten Zähnen besetzt. Kinn zurückweichend  
*Anarrhichadidae*
71. a) *C* mehr oder minder verkümmert, in Kontakt mit *D* und *A*.  
 Hinterende des kurzen, stark komprimierten Körpers wie  
 abgestutzt, ohne Schwanzstiel. Kiemenöffnung eng, loch-  
 förmig, vor der *P*-Basis . . . . . *Orthogoriscidae*  
 b) Schwanzstiel und *C* wohl entwickelt. *C* frei . . . . . 72



72. a) Kiemenöffnung weit, spaltförmig . . . . . 77  
 b) Kiemenöffnung eng, lochförmig. Mund endständig . . . . . 73
73. a) *A* wohl entwickelt. Schnauze nicht röhrenförmig. Mund kräftig bezahnt. Körperform gedrunken. Kiemenöffnung ein kurzer Schlitz von der *P*-Basis . . . . . 74  
 b) *A* rudimentär, mit 0 bis 4 Strahlen. Schnauze röhrenförmig, mit kleiner, vorderer, zahnloser Mundöffnung. Körper sehr gestreckt. Kiemenöffnung ein kleines, rundliches Loch am dorsalen Rand des Operkels (vgl. 3. b) . . . . . *Syngnathidae*
74. a) An Stelle der *V* ein unpaarer, überhäuteter, wenig beweglicher Stachel in der Mittellinie des Bauches. Zwei *D*; die vordere rumpfständig, mit 3 Stacheln. Kieferzähne nicht verschmolzen . . . . . *Balistidae*  
 b) *V* völlig fehlend. Nur eine schwanzständige, gliederstrahlige *D*. Zähne der Kiefer oben und unten zu je einer schnabelartigen Lade verschmolzen. Körper aufblasbar, dann kugelförmig . . . . . *Tetrodontidae*
75. a) Körper gedrunken, hoch. Zwei *D*; die vordere nur bei Jungfischen stachlig, bei Erwachsenen in die dicke Körperhaut eingehüllt. Haut mit knöchernen Warzen. *D*<sub>2</sub> und *A* kurz, die *C*-Basis nicht erreichend . . . . . *Cyclopteridae*  
 b) Körper mäßig gestreckt. Nur eine *D*. Haut nackt. *D* und *A* lang, bis zur *C*-Basis reichend . . . . . *Liparididae*
76. a) *C* vorhanden, frei. Körper sehr gestreckt, bandförmig (vgl. 34. b) , . . . . . *Trachypteridae*  
 b) *C* fehlend. Körper sehr gestreckt, nicht bandförmig (vgl. 77. b) . . . . . *Trichiuridae*
77. a) Körper mäßig gestreckt. Zwischenkiefer zu einem langen, schwertförmigen, den Mund überragenden Fortsatz ausgezogen . . . . . *Xiphiidae*  
 b) Körper sehr gestreckt. Unterkiefer vorspringend (vgl. 76. b) . . . . . *Trichiuridae*



## Übersicht der Familien

mit Verweisen auf die Seite, bzw. den Teil ihrer speziellen Behandlung

<i>Petromyzontidae</i>	XII. d 1	<i>Thynnidae</i>	
<i>Myxiniidae</i>	(Cyclostomi)	<i>Mullidae</i>	XII. h <sub>2</sub>
<i>Syngnathidae</i>	XII. g 15	<i>Carangidae</i>	(Physoclisti II)
<i>Notidanidae</i>		<i>Sciaenidae</i>	
<i>Scylliidae</i>		<i>Bramidae</i>	XII. g <sub>3</sub> (Physoclisti I)
<i>Carchariidae</i>		<i>Stromateidae</i>	XII. g 41
<i>Lamnidae</i>		<i>Percidae</i>	
<i>Rhinidae</i>	XII. e 1	<i>Labridae</i>	
<i>Spinacidae</i>	(Elasmobranchii)	<i>Scorpaenidae</i>	XII. h <sub>2</sub>
<i>Scymnidae</i>		<i>Sparidae</i>	(Physoclisti II)
<i>Torpedinidae</i>		<i>Serranidae</i>	
<i>Rajidae</i>		<i>Caproidae</i>	
<i>Trygonidae</i>		<i>Triglidae</i>	
<i>Myliobatidae</i>		<i>Cepolidae</i>	XII. g <sub>3</sub> (Physoclisti I)
<i>Siluridae</i>	XII. f <sub>2</sub> (Physostomi)	<i>Cottidae</i>	XII. h <sub>2</sub> (Physoclisti II)
<i>Chimaeridae</i>	XII. e	<i>Agonidae</i>	XII. h <sub>2</sub> (Physoclisti II)
	(Elasmobranchii)	<i>Gastrosteidae</i>	XII. g 8
<i>Acipenseridae</i>	XII. f <sub>1</sub>	<i>Mugilidae</i>	XII. g 37
	(Chondrostei)	<i>Atherinidae</i>	XII. g 36
<i>Macrorhamphosidae</i>	XII. g 14	<i>Gobiesocidae</i>	
<i>Chupeidae</i>		<i>Trachinidae</i>	
<i>Salmonidae</i>	XII. f <sub>2</sub> (Physostomi)	<i>Callionymidae</i>	XII. g <sub>3</sub>
<i>Esocidae</i>		<i>Lophiidae</i>	(Physoclisti I)
<i>Belonidae</i>	XII. g 3	<i>Batrachidae</i>	
<i>Exocoetidae</i>	XII. g 6	<i>Blenniidae</i>	
<i>Lamprididae</i>	XII. g 42	<i>Fierasferidae</i>	
<i>Scopelidae</i>		<i>Anguillidae</i>	XII. f <sub>2</sub> (Physostomi)
<i>Cyprinidae</i>	XII. f <sub>2</sub> (Physostomi)	<i>Ammodytidae</i>	XII. g 33
<i>Soleidae</i>		<i>Anarrhichadidae</i>	XII. g <sub>3</sub>
<i>Hippoglossidae</i>			(Physoclisti I)
<i>Pleuronectidae</i>	XII. h 1	<i>Orthogoriscidae</i>	XII. g 29
<i>Bothidae</i>	(Heterosomata)	<i>Syngnathidae</i>	XII. g 15
<i>Rhombidae</i>		<i>Balistidae</i>	XII. g 26
<i>Macruridae</i>		<i>Tetodontidae</i>	XII. g 28
<i>Gadidae</i>	XII. g 45	<i>Cyclopteridae</i>	XII. h <sub>2</sub>
<i>Zoarcidae</i>		<i>Liparidae</i>	(Physoclisti II)
<i>Lycodidae</i>	XII. g <sub>3</sub> (Physoclisti I)	<i>Trachypteridae</i>	XII. g <sub>3</sub>
<i>Gobiidae</i>			(Physoclisti I)
<i>Zeidae</i>	XII. h <sub>2</sub>	<i>Trichiuridae</i>	XII. h <sub>2</sub>
<i>Scombridae</i>	(Physoclisti II)	<i>Xiphiidae</i>	(Physoclisti II)



# TAFEL

zu

KYLE & EHRENBAUM

XII. c

*Pisces*, Allgemeiner Teil

---

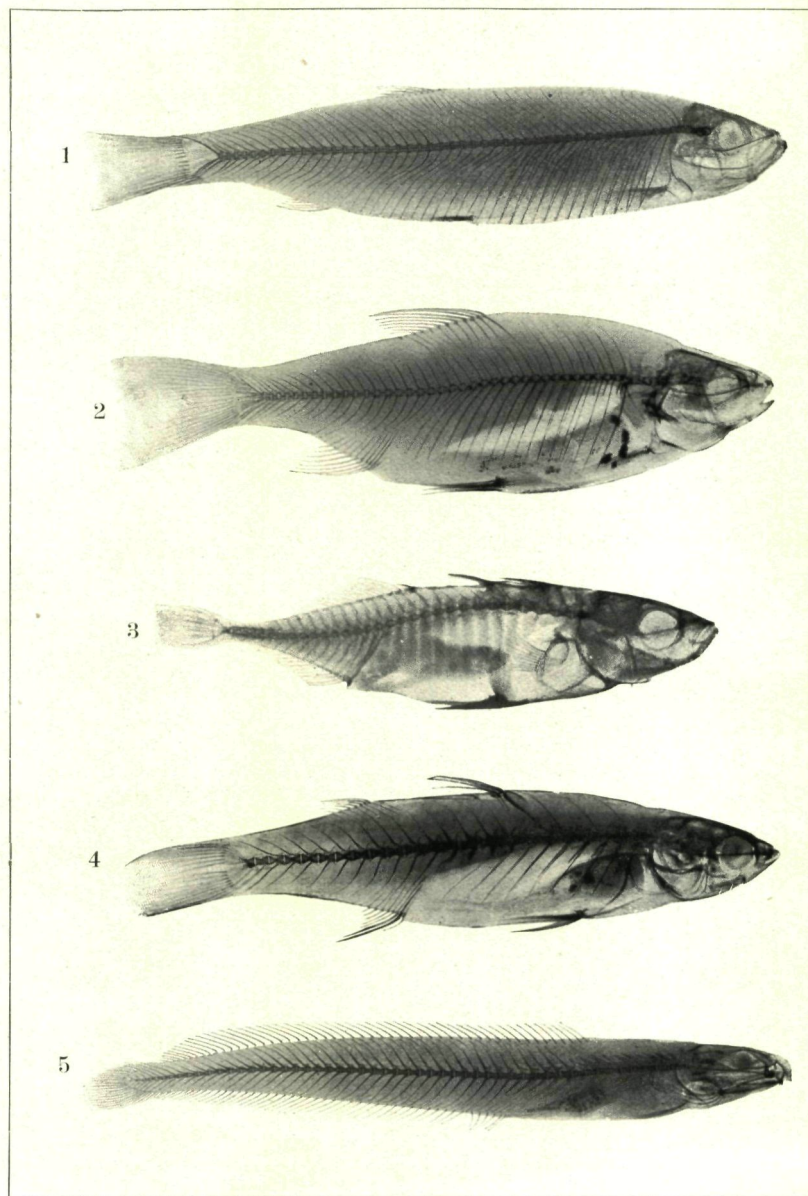
Tafel-Erklärung

Röntgenbilder von Fischen

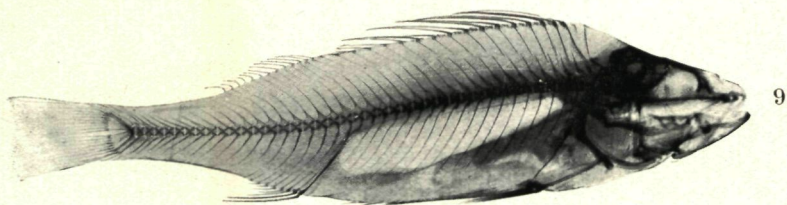
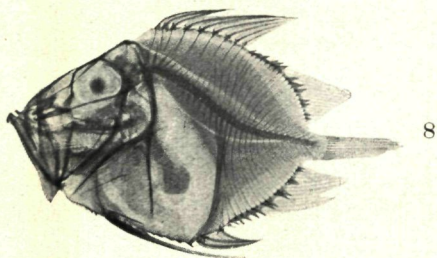
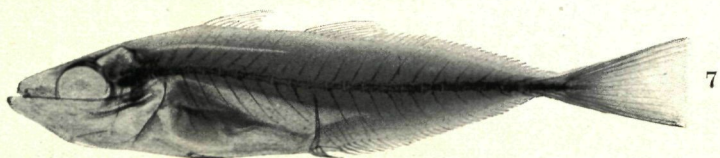
- |                                    |                                |
|------------------------------------|--------------------------------|
| 1. <i>Clupea sprattus</i> L.       | 6. eines Blenniiden,           |
| 2. <i>Leuciscus rutilus</i> L.     | <i>Centronotus gunellus</i> L. |
| 3. <i>Gastrosteus aculeatus</i> L. | 7. <i>Caranx trachurus</i> L.  |
| 4. <i>Mugil chelo</i> Cuv.         | 8. <i>Zeus faber</i> L.        |
| 5. eines Gadiden,                  | 9. <i>Perca fluviatilis</i> L. |
| <i>Onos cimbrius</i> L.            | 10. <i>Scomber scombrus</i> L. |

(Für die hier reproduzierten Röntgenbilder sind wir Herrn Dr. med. Fr. Walter [Röntgeninstitut von Dr. Henri Hirsch, Hamburg 13] zu großem Dank verpflichtet, der die Aufnahmen nach unserem Material machte und die Platten kostenlos zur Verfügung stellte.)











## XII. g/h

### Teleostei

#### 2. Unterordnung: **Physoclisti**

Diese artenreichste Gruppe der echten Knochenfische, die *Physoclisti*, sind durch folgende Merkmale kurz zu charakterisieren:

Die Schwimmblase hat überall ihre primäre Verbindung mit dem Verdauungskanal eingebüßt; es fehlt also stets ein echter Ductus pneumaticus. Bei einigen Arten, z. B. *Caranx trachurus*, besteht aber mit der Außenwelt eine sekundäre Kommunikation durch einen feinen Gang zwischen Schwimmblase und rechter Kiemenhöhle. Die Schwimmblase kann schließlich auch ganz fehlen.

Die Schwanzregion ist meist wesentlich größer als die Rumpfregion und damit auch die Zahl der Schwanzwirbel höher als die der Rumpfwirbel. Nur gewisse „intermediäre“, von den Physostomen zu den Physoklisten überleitende Formen, wie *Scombresoci-* und *Ammodyti-*formen, sowie einige ganz aberrant gebaute Genera, *Orthagoriscus* z. B., machen hiervon eine Ausnahme. Mit dieser Rumpfverkürzung läuft eine Verlagerung des Afters weiter nach vorn parallel und hiermit ein Vorrücken der Analflosse (*A*), wie auch der Bauchflossen (*V*). Die letzteren werden mehr und mehr „brustständig“ (anterior). Indessen zeigen auch hier die Übergangsformen (*Scombresoci*formen und manche *Atherini*formen) noch ursprünglichere Verhältnisse und z. T. „bauchständige“ (posteriore) *V*. Es kommt deshalb auch erst innerhalb der Gruppe *Physoclisti*, und zwar von den *Blenni*formen an aufwärts, zu einer Verankerung der *V* am Schultergürtel. Bei den *Scombresoci-* und *Syngnathi*formen, den *Plectognathi*, *Ammodyti-*, *Atherini-* und *Gadi*formen unterbleibt eine solche noch fast stets. Die *V* können übrigens, wie schon in der Reihe der Physostomen, auch ganz fehlen. Endlich ist kennzeichnend für die meisten typischen Physoklisten der Besitz echter Flossenstacheln.

Im übrigen wird auf die eingehende Charakterisierung der Physoklisten und ihrer 15 Abteilungen im allgemeinen Teile (H. M. KYLE & E. EHRENBAUM: *Pisces*, Allgemeines, S. XII. c 20/26) verwiesen.

In der Lebensweise zeigen die Mitglieder dieser Gruppe alle nur denkbaren Verschiedenheiten, so daß sich in dieser Hinsicht keine allgemein gültigen Angaben machen lassen. Da aber — wie bei einigen Physostomen schon — zahlreiche Arten in unseren Meeren überaus



selten sind und insbesondere über ihre Ökologie und Biologie oft nur außerordentlich wenig bekannt ist, so muß bei der Mehrzahl der nachfolgend behandelten Familiengruppen von der strengen Einhaltung des allgemeinen Dispositionsschemas mehr oder weniger weit abgewichen werden, vor allem auch um häufige Wiederholungen zu vermeiden. Wegen gewisser anatomischer und physiologischer Einzelheiten, die im Prinzip allen Fischen eigentümlich sind, ist wieder der allgemeine Teil zu befragen, der auch eine von G. DUNCKER bearbeitete Bestimmungstabelle der etwa 77 in Nord- und Ostsee vertretenen Fischfamilien bringt.

\*       \*       \*

### I n h a l t s ü b e r s i c h t

über die in den Teilen XII. g und XII. h behandelten Fischgruppen.

XII. g <sub>1</sub> :	1. <i>Scombresociformes</i>	S. XII. g 3.
	2. <i>Syngnathiformes</i>	XII. g 8.
	3. <i>Plectognathi</i>	XII. g 25.
	4. <i>Ammodytiiformes</i>	XII. g 33.
	5. <i>Atheriniiformes</i>	XII. g 36.
XII. g <sub>2</sub> :	6. <i>Gadiiformes</i>	
XII. g <sub>3</sub> :	7. <i>Blenniiformes</i>	
	8. <i>Trachiniiformes</i>	XII. g 45.
	9. <i>Gobiiformes</i>	
XII. h <sub>1</sub> :	10. <i>Heterosomata</i>	XII. h 1.
XII. h <sub>2</sub> :	11. <i>Scleroparei</i>	
	12. <i>Labriiformes</i>	
	13. <i>Carangiformes</i>	XII. h 61.
	14. <i>Perciformes</i>	
	15. <i>Scombriformes</i>	