

Das Kiemenfilter der Teleosteer.

Eine morpho-physiologische Studie

von

Dr. Enoch Zander

Erlangen.

Mit Tafel XXX, XXXI, 33 Figuren im Text und 10 Tabellen.

Inhaltsübersicht.

	Seite
Einleitung	620
Verzeichnis der untersuchten Species.	621
Literatur	624
I. Der Bauplan des Kiemenfilters	626
a. Dichte:	
Form, Anordnung, Zahl der Siebfortsätze	629
b. Oberflächengröße:	
Oro-ösophageale Ausdehnung.	639
Dorso-ventrale Ausdehnung	640
II. Die spezifischen Variationen	643
1. Malacopterygii.	643
Salmonidae, Clupeidae	643
2. Zeorhombi	645
Pleuronectidae	645
Zeus	650
3. Ostariophysi	651
Siluridae	651
Cyprinidae	657
4. Apodes	663
5. Haplomi	664
Esox	664
6. Catosteomi	665
Gasterosteidae, Syngnathidae	665
7. Peresoces	666
Scomberesocidae	666
Ammodytidae, Mugilidae	666
8. Anacanthini	669
Gadidae	669

	Seite
9. Acanthopterygii	671
Labyrinthici	674
Scombriformes	680
Cepolidae, Trachinidae	683
10. Pediculati	684
Lophius	684
11. Plectognathi	684
Zusammenfassende Übersicht	685
III. Die physiologische Bedeutung des Filters	689
Literaturverzeichnis	701
Erklärung der Abbildungen	703
Tabellen	705

Einleitung.

Im Jahre 1903 veröffentlichte ich in dieser Zeitschrift (39) einen kleinen Aufsatz über das Kiemenfilter bei Süßwasserfischen. Obwohl das spärliche Material, welches mir damals zur Verfügung stand, eine erschöpfende Behandlung des Themas nicht gestattete, fanden meine Resultate doch vielfach Beachtung. Ich faßte daher den Entschluß, diese Studien auf breiterer Basis wieder aufzunehmen und vor allen Dingen auf marine Formen auszudehnen.

Bei der Ausführung des Planes fand ich vielseitige Unterstützung, so daß es mir eine angenehme Pflicht ist, allen Herren, welche meine Bestrebungen förderten, auch an dieser Stelle meinen verbindlichsten Dank auszusprechen. In erster Linie gilt derselbe Herrn Professor Dr. FLEISCHMANN für das liberale Eingehen auf meine Wünsche und die reichliche Versorgung mit Fischen und Fischköpfen, welche größtenteils die biologische Anstalt auf Helgoland mit dankenswerter Bereitwilligkeit für mich konservierte. Zwei hochinteressante Panzerwelse verdanke ich Herrn Oberstudienrat Prof. Dr. LAMPERT. Herrn Prof. Dr. HOFER und Fr. Dr. M. PLEHN bin ich für zahlreiche Salmoniden Dank schuldig. Durch Literaturnachweis verpflichteten mich die Kollegen Dr. HOFFBAUR-Trachenberg und Prof. Dr. SCHIEMENZ-Friedrichshagen.

Dank der Unterstützung durch diese Herren konnte ich eine große Zahl von Knochenfischen, welche teils den heimischen und exotischen Binnengewässern, teils dem Meere entstammen, studieren. Um dem Leser einen Überblick über die reichhaltige Zusammensetzung des Materials zu verschaffen, lasse ich ein nach BOULENGER (5) geordnetes Verzeichnis der untersuchten Familien, Gattungen und Species folgen.

Verzeichnis der untersuchten Species¹.

- I. Malacopterygii:
- 1) Clupeidae: *Clupea harengus* T 165
Clupea finta T 370
Engraulis encrasicolus
- 2) Salmonidae: *Salmo salvelinus* Sk 65
Salmo fontinalis Sk 43
Salmo hucho Sk 140
Salmo salar Sk 40
Salmo fario T 300
Thymallus vulgaris Sk 60
Coregonus hiemalis Sk 34
Coregonus fera T 350
Coregonus Wartmanni Sk 67
Coregonus albula Sk 34
- II. Ostariophysii:
- 1) Cyprinidae: *Cyprinus carpio*
Abramis brama
Tinca vulgaris
Carassius vulgaris
Alburnus lucidus
Barbus fluviatilis
Cobitis fossilis
Chondrostoma nasus Sk 45
Leuciscus rutilus T 370
Squalius cephalus Sk 75
- 2) Siluridae: *Silurus glanis* Sk 260
- 3) Loricariidae: *Loricaria cataphracta* T 330
Callichthys asper T 190
Plecostomus Commersonii T 220
- III. Apodes:
- 1) Anguillidae: *Anguilla vulgaris* T 350
Conger vulgaris Sk 180
- 2) Muraenidae: *Muraena helena* T 570
- IV. Haplomi:
- 1) Esocidae: *Esox lucius* Sk 98

¹ T = Totallänge.

Sk = seitliche Kopflänge in Millimeter.

- V. *Catosteomi*:
- 1) *Gasterosteidae*: *Gasterosteus aculeatus* T 75
Gasterosteus spinachia T 120
 - 2) *Syngnathidae*: *Syngnathus rubescens* T 270
Hippocampus spec. T 80
- VI. *Peresoces*:
- 1) *Scomberesocidae*: *Belone vulgaris* T 580
Exocoetus exiliens T 330
 - 2) *Ammodytidae*: *Ammodytes tobianus* T 175
Ammodytes lanceolatus
 - 3) *Mugilidae*: *Mugil cephalus* Sk 65
 - 4) *Anabantidae*: *Anabas scandens* T 145
Spirobranchus capensis T 115
- VII. *Anacanthini*:
- 1) *Gadidae*: *Gadus merlangus* Sk 100
Gadus minutus Sk 60
Gadus aeglefinus Sk 85
Gadus virens Sk 190
Gadus morrhua Sk 110
Phycis blennoides Sk 35
Merluccius vulgaris Sk 195
Motella mustela Sk 40
Raniceps raninus Sk 80
Lota molva Sk 195
Lota vulgaris T 460
- VIII. *Acanthopterygii*:
- A. *Perciformes*:
- 1) *Percidae*: *Perca fluviatilis* Sk 54
Labrax lupus Sk 70
Lucioperca sandra Sk 130
Acerina cernua Sk 33
 - 2) *Serranidae*: *Serranus cabrilla* Sk 65
 - 3) *Cepolidae*: *Cepola rubescens* T 350
 - 4) *Mullidae*: *Mullus barbatus* Sk 52
 - 5) *Osphromenidae*: *Osphromenus trichopterus* T 180
Osphromenus olfax
Polyacanthus (Macropodus) T 70
 - 6) *Labridae*: *Labrus spec.* T 230.
Crenilabrus pavo T 190

- B. Scombriformes:
- 1) Carangidae: *Caranx trachurus* Sk 85
 - 2) Scombridae: *Scomber scomber* Sk 85
 - 3) Coryphaenidae: *Coryphaena hippurus* T. 470
- C. Zeorhombi:
- 1) Zeidae: *Zeus faber* Sk 48
 - 2) Pleuronectidae: *Rhombus maximus* Sk 112
Rhombus laevis
Pleuronectes microcephala Sk 35
Pleuronectes limanda Sk 55
Pleuronectes platessa Sk 55
Drepanopsetta spec. Sk 47
Arnoglossus laterna Sk 32
Solea vulgaris Sk 50
Solea lutea Sk 22
- D. Gobiiformes:
- Gobiidae: *Gobius niger* T 117
- E. Scleroparei:
- 1) Scorpaenidae: *Scorpaena scrofa* Sk 50
Sebastes imperialis Sk 45
 - 2) Cottidae: *Cottus scorpius* Sk 55
Cottus bubalus
 - 3) Agonidae: *Agonus cataphractus* T 140
 - 4) Triglidae: *Trigla hirundo*
- F. Jugulares:
- 1) Trachinidae: *Trachinus draco* Sk 62
 - 2) Callionymidae: *Callionymus lyra* Sk 37
 - 3) Blennidae: *Centronotus spec.* T 145
 - 4) Batrachidae: *Batrachus spec.* T 100
 - 5) Zoarcidae: *Zoarces viviparus* Sk 49
 - 6) Ophidiidae: *Ophidium barbatum* T 225
- IX. Pediculati:
- Lophiidae: *Lophius piscatorius*
- X. Plectognathi:
- Sclerodermi: *Monacanthus* T. 115

Ferner ermöglichte Herr Prof. Dr. CHUN es mir, einige Tiefseefische untersuchen zu können, über die ich jedoch in einem besonderen Aufsätze berichten werde.

Dieses umfangreiche Material habe ich während der beiden letzten Jahre mit aller erdenklichen Sorgfalt bearbeitet. Bevor ich jedoch

an die Schilderung meiner Befunde herantrete, will ich über die Ergebnisse anderer Autoren referieren, zumal mir bei meiner früheren Untersuchung einige ältere Berichte entgangen sind. Aus Gründen der Zweckmäßigkeit sollen zunächst nur die anatomischen und morphologischen Angaben Berücksichtigung finden.

Wenn ich von den in ichthyologischen und vergleichend-anatomischen Kompendien verstreuten Notizen und einigen kurzen Mitteilungen von MÖBIUS (22) und SUSTA (35) absehe, ist das Kiemenfilter der Teleosteer nur selten Gegenstand eingehender Studien gewesen. Die älteste Untersuchung, welche mir bekannt geworden ist, stammt aus dem Jahre 1849. Damals veröffentlichte TROSCHEL (36) zahlreiche Beobachtungen über die Bewaffnung der Kiemenbogen bei Fischen. Vor allen Dingen leitete ihn das Bestreben, den systematischen Wert der fraglichen Organe zu eruieren. Er kam zu dem Schlusse, daß man sie nicht mit Erfolg zur Familienunterscheidung benutzen könne, da sich innerhalb der einzelnen Familien mannigfache Abweichungen finden. Morphologische Fragen hat er nur durch die flüchtige Bemerkung gestreift, daß die Filterelemente zweizeilig an den Kiemenbogen angeordnet sind.

Seitdem vergingen mehr als 50 Jahre, bis wieder ein Zoologe den Filterapparaten der Knochenfische seine Aufmerksamkeit schenkte. Im Jahre 1901 erschien eine umfangreiche Studie von POPTA (26) über das Kiemenfilter, an die sich 1904 ein Aufsatz über die Kiemenbogen der Muraeniden (27) anreihete. Auch diese Untersuchung dient nur systematischen Zwecken, denn ihr Verfasser strebte in erster Linie eine Entscheidung der Frage an, ob der Charakter der Kiemenbogenbewaffnung bei den einzelnen Arten konstant sei, und ob sich der gleiche Typus bei verschiedenen Species finde; die erste Frage wird bejaht, die zweite verneint.

Ich selbst war der Erste (39), welcher die morphologische Betrachtung des Kiemenfilters in den Vordergrund stellte. An einer Reihe von Süßwasserfischen konstatierte ich, daß die das Filter bildenden Vorsprünge der inneren Kiemenbogenkanten (Siebfortsätze) generell zweizeilig angeordnet sind, nach Form und Zahl jedoch großen spezifischen Schwankungen unterliegen. Trotzdem ließen sich die untersuchten Arten nach der Ausbildung der Siebfortsätze in folgende größere Gruppen ordnen:

- I. Fische ohne Siebfortsätze, aber mit reichem Zahnbesatz auf der Innenseite der Kiemenbogen, den Knochen des Kiefergaumenapparates und den Ossa pharyngea *Esox*, *Lucioperca*.

II. Fische mit Siebfortsätzen:

A. Siebfortsätze an beiden Kanten der Kiemenbogen gleich stark entwickelt.

1) Siebfortsätze einfache, rundliche Höcker, mit Zähnchen besetzt, alternierend, ineinander greifend; Zugang zu den Kiemenpalten wellenförmiger Schlitz. Reicher Zahnbesatz auf den Knochen des Kiefergaumenapparates und den Ossa pharyngea. *Perca, Acerina, Lota*.

2) Siebfortsätze stark entwickelt, zahlreich, spezifisch verschieden gestaltet und geordnet. Zwischen den Fortsätzen unregelmäßiges Poren- und Lückensystem. Mundhöhlenepithel glatt, contractiles Gaumenpolster, Kauapparat. Cypriniden.

B. Siebfortsätze nur an den vorderen Kanten der Kiemenbogen stark entwickelt, messerartig, mit feinen Zähnchen besetzt, Gitter vor den Schlundspalten bildend. Zähnchen auf den Kiefergaumenknochen und den Ossa pharyngea.

Clupea, Coregonus, Osmerus.

Angeregt durch meine Untersuchung studierte STEUER (34) in jüngster Zeit das Kiemenfilter von 35 Teleostern des Adriatischen Meeres. Die größere Mannigfaltigkeit der Siebfortsätze bei den ihm vorliegenden Species veranlaßten STEUER das von mir skizzierte System durch die Aufnahme weiterer Gruppen zu vervollständigen. Er unterscheidet:

I. Fische ohne Siebfortsätze:

a) Kiemenbogen glatt oder fast glatt . . . *Anguilla, Lophius*.

b) Kiemenbogen ohne Siebfortsätze, doch mit Knochenplatten belegt *Xiphias, Lepidopus, Thyrsites, Lichia*.

II. Fische mit Siebfortsätzen:

A. Siebfortsätze fast nur vorderständig und auf allen Kiemenbogen annähernd gleich klein.

Pleuronectes, Rhombus, Zeus, Orthogoriscus.

B. Siebfortsätze vorder- und hinterständig, mit Zähnchen besetzt, die vorderständigen des ersten Kiemenbogens größer als die übrigen.

Fierasfer, Trigla, Belone, Box, Scomber usw.

C. Siebfortsätze vorder- und hinterständig, mit Zähnchen besetzt, die vorderständigen des ersten und zweiten Bogens größer als die übrigen. *Cepola, Trachinus*.

- D. Siebfortsätze vorder- und hinterständig, beiderseits annähernd gleich entwickelt, mit Zähnchen besetzt. . *Mugil.*
- E. Siebfortsätze fast nur an der vorderen Kante der Kiemenbogen entwickelt, messerartig, mit feinen Zähnchen besetzt.
Clupea, Alosa.
- F. Siebfortsätze vorder- und hinterständig, überall fast gleich lang, höchstens die vorderständigen etwas größer, ohne Zähne. *Cyprinodon, Hippocampus.*

I. Der Bauplan des Kiemenfilters der Teleosteer.

Nachdem die Untersuchung von STEUER, abgesehen von einer Mehrung unsrer Detailkenntnisse keine über die Ergebnisse meiner Studie hinausgehenden morphologischen Resultate gezeitigt hat, könnte es nutzlos und überflüssig erscheinen, fernerhin Zeit und Mühe auf die Erforschung des Kiemenfilters zu verwenden. In der Tat haben mich meine neuerlichen umfassenden Beobachtungen überzeugt, daß man bei der bisherigen Art der Betrachtung nicht tiefer in die Erkenntnis des Kiemenfilters der Fische eindringen wird. Alle Beobachter, ich selbst nicht ausgenommen, haben sich viel zu einseitig auf die Analyse der Bauelemente des Filters beschränkt. Dadurch aber, daß man den Apparat immer nur in seine Komponenten zerlegte und ihre variable Form, Zahl und Anordnung beschrieb, verlor man vollständig den Blick und das Verständnis für das Organ als Ganzes, obwohl es doch erst in diesem Zustande funktionellen Wert erlangt.

Indem ich diesem Mangel in der vorliegenden Untersuchung abzuhelfen mich bemühte, drängten sich ganz neue Gedanken und Erwägungen in den Kreis meiner Betrachtung. Ich erkannte, daß man das Kiemenfilter der Fische zu den im täglichen Leben gebräuchlichen Filtern und Sieben in Parallelen bringen müßte, um seine wechselnde Ausbildung zu verstehen, und legte mir die Frage vor, welche Faktoren die Wirksamkeit eines solchen Apparates bedingen. Unstreitig spielen bei jedem Filter Dichte und Oberflächengröße eine wichtige Rolle, denn die Beobachtung lehrt uns, daß beide Faktoren in einem gewissen Verhältnis stehen müssen, wenn das Filter gut funktionieren soll. Je dichter seine Wand ist, um so größer muß sein Flächeninhalt sein, und je weitmaschiger ein Filterstoff ist, um so kleiner kann bei dem gleichen Nutzeffekt die filtrierende Fläche sein. Auf diesen Erfahrungen beruht

ja bekanntlich die Konstruktion unsrer Planktonnetze und ähnlicher Apparate.

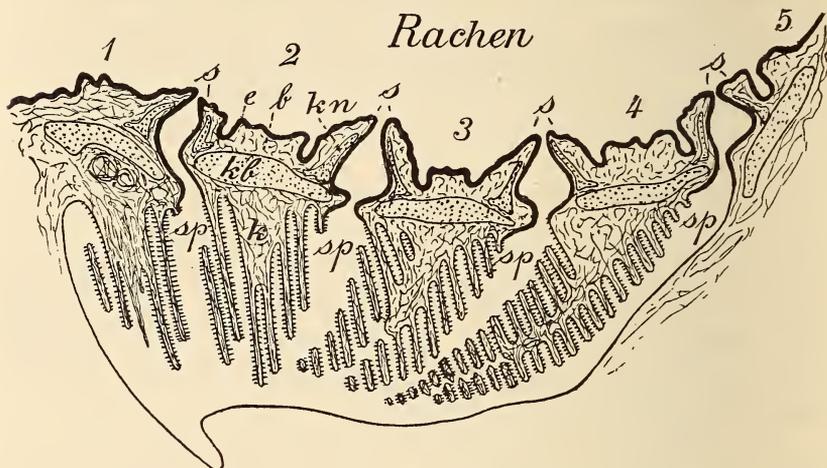
Wenn ich im folgenden versuche, den Bauplan des Kiemenfilters nach diesen Gesichtspunkten zu schildern, so unterliegt es keinem Zweifel, daß ein Organ, das in ständiger direkter Berührung mit dem umgebenden Medium steht, unter dem Druck der mannigfach wechselnden äußeren Verhältnisse großen spezifischen Schwankungen unterworfen sein wird. In der Tat hat die Natur bei der Bildung der Filterapparate eine geradezu staunenswerte Erfindungsgabe entfaltet. Nicht zwei Species, geschweige denn zwei Gattungen oder Familien stimmen im Bau des Kiemenfilters völlig überein. Jede neue Form, welche zur Untersuchung gelangt, bietet ein andres, noch nie gesehenes Bild dar. Abgesehen von den *Apodes*, *Lophius piscatorius* und *Solca lutea*, denen Reliefbildungen am inneren Schlundspaltenrande gänzlich fehlen, können wir von den einfachsten, gröbsten Schutzvorrichtungen bis zu den kompliziertesten Filterapparaten alle erdenklichen Modifikationen beobachten.

Die Differenzen sind vielfach so groß, daß es beim ersten Anblick ganz unmöglich erscheint, gemeinsame morphologische Züge zu erkennen. Bei sorgfältiger Analyse gelingt es jedoch, aus der Fülle spezifischer Variationen gewisse Eigenschaftskomplexe von generellem Werte herauszuschälen. Als allgemeingültig dürfen wir festhalten, daß sich die Filterapparate aus durchaus homologen Elementen aufbauen, deren topographische Lage in der Rachenhöhle unveränderlich und deren Anordnung generell geregelt ist.

Die Elemente, aus denen sich das Kiemenfilter der Teleosteer aufbaut, habe ich Sieb- oder Filterfortsätze genannt. Diese Nomenklatur, deren Vorzüge ich in meiner früheren Studie (39, S. 235) erläutert habe, deckt sich mit den Bezeichnungen: »Rechenzähne«, »Reusenzähne«, »Appendices des branchiaux«, »Gill rakers«. Trotz der älteren Benennung »Rechenzähne« haben die Siebfortsätze mit Hartgebilden nichts gemein, die etwa den an den Kiefer- und Schlundknochen vorkommenden Zähnen verglichen werden können, so sehr sie auch oft mit solchen inkrustiert sind. Sie stellen vielmehr, wie schon BERGMANN und LEUCKART (3) richtig erkannten, zapfenartige Wucherungen der Rachenschleimhaut am inneren Rande der Schlundspalten dar (Textfig. 1 s). Unentschieden muß ich vorläufig die Frage lassen, ob sie, wie man ihrer Lage nach vermuten sollte, entodermalen Ursprungs sind. Nachdem die ectodermale Natur der Kiemenblättchen nach meinen und anderer Autoren (GOETTE, 11, MOROFF, 23)

Beobachtungen, kaum noch im Zweifel steht, wäre es nicht ausgeschlossen, daß die benachbarten Siebfortsätze der gleichen Gewebsschicht entstammen.

Da die Siebfortsätze dem durch die Kiemenspalten abfließenden

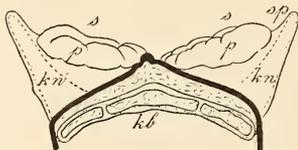


Textfig. 1.

Querschnitt durch den Kiemenkorb von *Cyprinus carpio*. Vergr. 20:1. *e*, Schleimhaut; *l*, Bindegewebe; *k*, Kieme; *kb*, Kiemenbogenskelet; *kn*, Knochen der Siebfortsätze; *s*, Siebfortsätze; *sp*, Schlundspalten; 1–5, Kiemenbögen.

Wasser standhalten müssen, ist ihr bindegewebiger Kern, soweit ich darüber früher Untersuchungen angestellt habe, durch kleine Knochen-elemente (Textfig. 1 *kn*) gestützt. Nichtsdestoweniger bleiben sie dem

Skelet der Schlundregion vollkommen fremd, da bereits GÜNTHER (12) feststellte, daß die Knochenplättchen ohne festen Zusammenhang mit dem knöchernen Kiemenbogen (Textfig. 1 *kb*) völlig isoliert im Bindegewebe liegen. Sie füllen entweder den ganzen Siebfortsatz aus oder bleiben auf die äußere, den Kiemenblättchen zugekehrte Partie beschränkt (Textfig. 2 *kn*). Die Gestalt



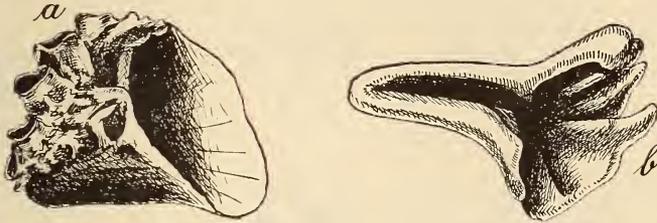
Textfig. 2.

Zwei Siebfortsätze von *Abramis brama* in seitlicher Ansicht. Vergr. 7:1. *kb*, knöcherner Kiemenbogen; *kn*, Skelet der Siebfortsätze; *s*, Siebfortsätze; *p*, Polster.

der Knöchelchen hängt von der Form der Siebfortsätze ab. Bald bilden sie hohle oder von spongiösem Gerüst durchsetzte Glocken (Textfig. 3 *a*), bald sind sie mehr in die Länge gedehnt und durchziehen als stark zusammengedrückte Rinnen den Filterfortsatz (Textfig. 3 *b*, 4 *d*). Stets können wir an ihnen zwei Hauptabschnitte mehr

oder weniger deutlich erkennen, eine verbreiterte und vielfach in Ausläufer zerschlitzte Basalplatte (Textfig. 3 b), welche durch Bindegewebe am knöchernen Kiemenbogen haftet und ein schmäleres distales Stück.

Diesen bereits früher von mir mitgeteilten Befunden kann ich wesentlich Neues nicht hinzufügen. Ich gehe deshalb sofort dazu über, diejenigen Faktoren zu erläutern, von denen die Dichte des

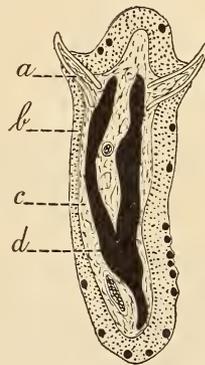


Textfig. 3.

Knöchelchen der Siebfortsätze. Vergr. 20:1. *a*, *Lota vulgaris*. *b*, *Barbus vulgaris*.

Filters abhängt. Es leuchtet ein, daß dafür Form, Anordnung und Zahl der Siebfortsätze in Betracht kommen.

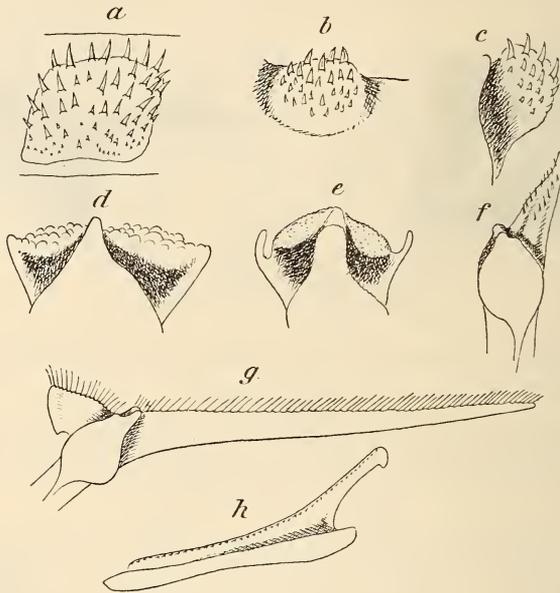
Entsprechend der Gliederung des Knochenkernes müssen wir auch an den Siebfortsätzen selbst zwei Teile unterscheiden, die breitere Basalscheibe und den distalen, von ihr sich erhebenden Fortsatz. Ihre Ausbildung beeinflußt die Form des Siebfortsatzes stark. Im einfachsten Falle wird nur die Basalplatte entwickelt, die als flache (Textfig. 5 a) oder schwach gewölbte Scheibe der Seitenwand des Kiemenbogens anliegt (*Esox*, *Lucioperca*, *Coryphaena*, *Lota molva*). Während sich die Siebfortsätze in diesem Zustande kaum über das umgebende Kiemenbogenepithel erheben, sproßt bei andern Species (Textfig. 5 b, c) aus dem Centrum der Basalplatte eine niedrige knopfförmige Warze (*Cottus*, *Raniceps*, *Merluccius* usw.), in der wir die erste Andeutung des Distalfortsatzes erblicken müssen. Mit ihrem Höhenwachstum bleibt die Warze nur selten halbkugelig, sondern wird von den Seiten her zusammengedrückt (*Perca*, *Acerina*, *Labrax*, *Gadus*, *Caranx* usw.). Bei vielen Species (Cypriniden, Siluriden usw.) nehmen die Sieb-



Textfig. 4.

Querschnitt durch den Siebfortsatz von *Coregonus albus*. Vergr. 100:1. *a*, Zähne; *b*, Epithel; *c*, Bindegewebe; *d*, Skelet.

fortsätze die Form dreieckiger Platten an, deren eine Kante durch die Basalplatte der Kiemenbogenwand angeheftet ist, während eine der beiden freien Kanten der Rachenhöhle, die andre den Kiemenblättchen zugekehrt ist (Textfig. 5 *d, e*). Bei Salmoniden, Clupeiden, Sternoptychiden und an der vorderen Kante des ersten Bogens vieler Acanthopterygii usw. strecken sich die distalen Fortsätze



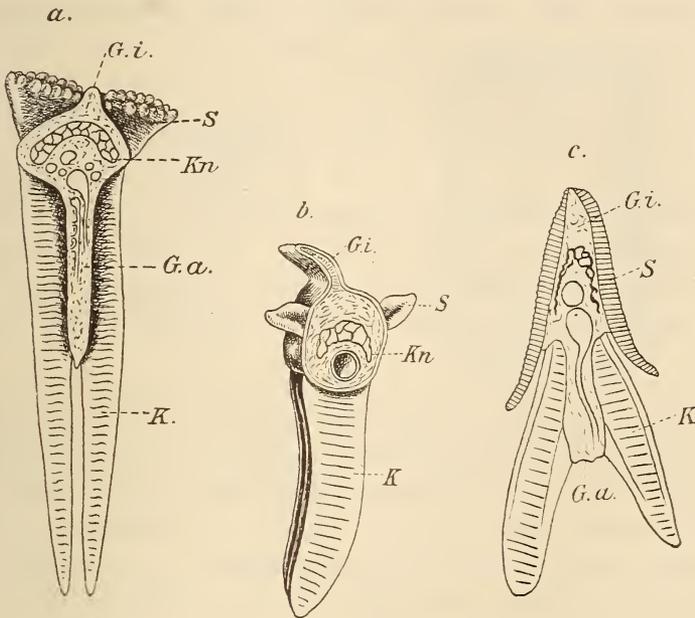
Textfig. 5.

Verschiedene Formen von Siebfortsätzen: *a*, *Esox lucius*, *b*, *Merluccius vulgaris*, *c*, *Raniceps raninus*, *d*, *Cyprinus carpio*, *e*, *Callichthys asper*, *f*, *Salmo trideus*, *g*, *Scomber scomber*, *h*, *Mugil cephalus*. *a* und *b*, von der Fläche, *c*–*h*, in Seitenansicht.

enorm in die Länge und bilden schmal-messerförmige Anhänge (Textfig. 5 *f* u. *g*). Andererseits können sich aber auch die Basalteile der Siebfortsätze dehnen und als schmale Leisten über den stark verbreiterten Kiemenbogen hinziehen (Textfig. 5 *h*), während ihre freivorragenden Enden relativ kurz bleiben (*Mugil*, *Osphromenus*, *Plecostomus*). Die der Rachenhöhle zugekehrte mediale Fläche oder Kante der Siebfortsätze bleibt nur selten glatt; in der Regel erleidet sie durch Zähnchenbesatz (Textfig. 5 *a*–*c*) oder Warzenbildung (Textfig. 5 *d*) mannigfache Modifikationen, die zur Verengung des Filters wesentlich beitragen.

Mit den Wandlungen, welche die Form der Siebfortsätze erleidet,

hält die Modellierung der Kiemenbogen gleichen Schritt, um den mannigfach gestalteten Anfangsgebilden ohne Raum- und Materialverschwendung eine ausreichende Insertionsfläche zu bieten. Von der Gestalt des aller Anhänge entblößten Kiemenbogens wissen wir sehr wenig. Aus den älteren Untersuchungen erfährt man lediglich, daß der äußeren respiratorischen Hälfte der Kiemenbogen eine hohe



Textfig. 6.

Drei Entwicklungszustände des inneren Bogengrates. *a*, *Cyprinus carpio*. Vergr. 4:1 *b*, *Callionymus lyra*. Vergr. 10:1. *c*, *Plecostomus Commersonii*. Vergr. 6:1. *G.a.*, äußerer Bogengrat (Sept. interbr.); *G.i.*, innerer Bogengrat; *K*, Kiemenblättchen; *Kn*, Kiemenbogenskelet; *S*, Siebfortsätze.

und dünne Leiste, das Septum interbranchiale, aufsitzt, von dessen vorderer und hinterer Fläche die Kiemenblättchen entspringen. Daß sich eine ganz ähnliche Differenzierung auch auf der konkaven Innenseite der Kiemenbogen befindet, hat bisher nur IMMS (19) bei einem Ganoiden (*Polyodon spatula*) beachtet. Auch die mediale für die Siebfortsätze reservierte Hälfte der Kiemenbogen ist von vorn und hinten her so stark ausgekehlt, daß nur eine schmale mediane Leiste, die ich den inneren Bogengrat nennen will, stehen bleibt (Textfig. 6 *a*, G_1). Da die Berücksichtigung dieser Reliefeigentümlichkeit zum Verständnis des Kiemenfilters bisweilen unerlässlich ist,

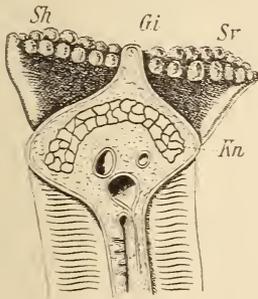
muß ich sie kurz schildern. Im Gegensatz zum Septum interbranchiale, das man vielleicht besser als äußeren Bogengrat bezeichnet, zeigt der innere ein wechselndes Verhalten. Seine Höhe hängt im allgemeinen von der Ausbildung der Siebfortsätze, welche an seinen Seitenflächen Platz finden sollen, ab. In der Regel überragt er die Siebfortsätze nicht, und zieht nur als schmaler, meist deutlich erkennbarer Saum zwischen den Siebfortsätzen hin (Textfig. 6 a, G_1). In einzelnen Fällen jedoch entfaltet er sich mächtiger, und gibt dadurch dem Relief der inneren Bogenkante ein ganz verändertes Ansehen. Bei *Callionymus* (Textfig. 6 b, G_1) z. B. tritt er weit über die Reihen der Siebfortsätze hervor, ohne Beziehungen zu ihnen einzugehen. Der Bogengrat von *Plecostomus* dagegen fällt trotz seiner Höhe gar nicht auf, weil er von den leistenförmig verlängerten Basalteilen der nur wenig vorragenden Siebfortsätze bis zum äußersten Rande überzogen ist (Textfig. 6 c, G_1 , S). Mit dem Schwinden der Siebfortsätze verkümmert auch der innere Bogengrat; allen Species ohne Siebfortsätze (*Apodes*, *Lophius*, *Solea lutea*) fehlt er vollständig.

Durch diese eigenartige Modellierung entstehen an der medialen Seite jedes Kiemenbogens zwei sanft abfallende und seicht gehöhlte Ansatzflächen für die Siebfortsätze, welche durch den medianen Bogengrat voneinander geschieden sind. Daher sind dieselben, wie bereits TROSCHEL (36) konstatiert hat, generell zweizeilig, biserial, angeordnet und als vorder- und hinterständig zu unterscheiden.

Die Ausbildung der beiden Reihen von Filterfortsätzen folgt keiner generellen Regel. Doch lassen sich gewisse Eigenschaftskomplexe finden, die größeren Gruppen von, durchaus nicht immer systematisch zusammengehörigen, Fischen gemeinsam sind. Wir können demnach eine Reihe von Gruppen- oder Haupttypen des Kiemenfilters aufstellen, müssen aber im Auge behalten, daß es zwischen ihnen scharfe Grenzen nicht gibt, denn sie gehen durch mannigfache vermittelnde Varianten ineinander über. STEUER (34) hat sechs Filtertypen unterschieden; ich glaube aber, daß man alle spezifischen Variationen ohne Zwang in drei Gruppen unterbringen kann, zu deren Charakterisierung ich mich folgender Bezeichnungen bedienen werde. Ich unterscheide einen biserial-symmetrischen und einen biserial-dimorphen Filtertypus, von denen der letztere in einer dimorph-monacanthen und einer dimorph-polyacanthen Variante vorkommt.

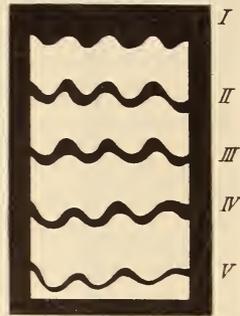
1. Der biserial-symmetrische Typus.

Als die einfachste und ursprünglichste Form des Filtergefüges müssen wir diejenige betrachten, welche die gleichmäßige oder annähernd gleichmäßige Entwicklung der vorder- und hinterständigen Siebfortsätze sämtlicher Kiemenbogen zeigt (Textfig. 7 *Sv*, *Sh*). Dieser Typus hat eine weite Verbreitung unter den Teleosteen. Er begegnet uns in zahlreichen Familien der Acanthopterygii, unter den Anacanthini



Textfig. 7.

Zwei Siebfortsätze in biserial-symmetrischer Ausbildung (*Cyprinus carpio*). Vergr. 4:1. *Gi*, innerer Bogengrat; *Kn*, Kiemenbogenskelet; *Sh*, hinterständiger, *Sr*, vorderständiger Siebfortsatz.



Textfig. 8.

Diagramm des Kiemenspaltenverschlusses bei biserial-symmetrischer Ausbildung der Siebfortsätze. I—V, Kiemenspalten.

bei *Macruridae* und *Gadidae*. In der Unterordnung der *Ostariophysi* kommt er sämtlichen von mir untersuchten *Siluridae* und mit Ausnahme von *Alburnus* allen *Cypriniden* zu. Auch das Kiemenfilter der *Esocidae*, *Syngnathidae* und *Anabantidae* ist ihm unterworfen.

Im allgemeinen stehen die Siebfortsätze derart alternierend an den benachbarten Bogenkanten, daß die Fortsätze der einen Kante zwischen diejenigen der gegenüberliegenden Kante eingreifen, wie ich die gespreizten Finger einer Hand zwischen die der andern schieben kann; dadurch wird im primitivsten Falle (Textfig. 8) die Kiemenspalte zu einer schmalen wellenförmig gekrümmten Ritze verengt, deren Verlauf und Weite durch die wechselnde Zahl, Anordnung und Differenzierung der Siebfortsätze in der mannigfaltigsten Weise modifiziert wird.

Die dichtesten und kompliziertesten Filterapparate, welche ich überhaupt beobachtete, gehören dem biserial-symmetrischen Typus an. Mit der Lockerung des Filterwerkes bleibt die Schleimhaut der Siebfortsätze nur selten glatt (*Callionymus*, *Agonus*, *Zoarces*). In der

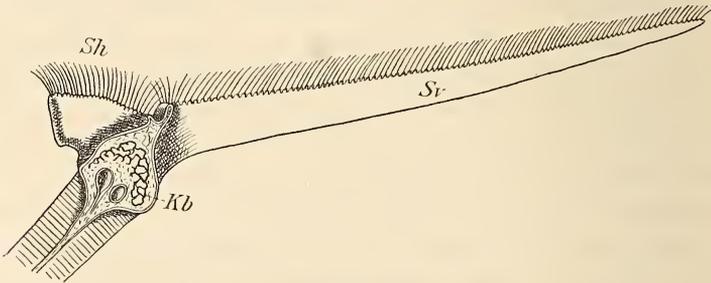
Regel geht damit vielmehr die Bildung zahlreicher Zähnechen Hand in Hand, die in Gruben der Filterknöchelchen eingelassen mit ihren Spitzen über das Epithel vorragen und stets so geordnet sind, daß sie in den Rachen und gegen den Schlund schauen.

2. Der biserial-dimorphe Typus.

Fast niemals sind die beiderseitigen Siebfortsätze der einzelnen Kiemenbogen nach Form und Größe vollkommen gleich. Kleine Differenzen treten besonders im vorderen Bezirk des Kiemenkorbes immer hervor. Für die morphologische Betrachtung haben sie aber keinen Wert. Verändert wird das Bild des Kiemenfilters erst, wenn die Form und Größenunterschiede der vorder- und hinterständigen Siebfortsätze schroffer werden, wenn der biserial-symmetrische Filtertypus in den biserial-dimorphen übergeht. Für alle hierher gehörigen Filterapparate ist die Umwandlung vorderständiger Siebfortsätze in lange, seitlich komprimierte Stacheln bemerkenswert. Nach der Verbreitung dieser stachelförmigen Fortsätze in oro-ösophagealer Richtung können wir zwei charakteristische Varianten des biserial-dimorphen Typus unterscheiden.

a. Die dimorph-monacanthhe Variante.

Im einfachsten Falle bleibt die Ausbildung langer, messerförmiger Stacheln auf die vordere Kante des ersten Bogens beschränkt, während die übrigen Fortsätze kurz und an allen Bogen gleich



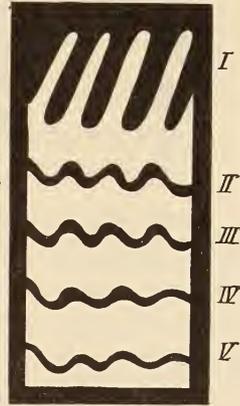
Textfig. 9.

Zwei Siebfortsätze des ersten Kiemenbogens in dimorph-monacanthher Ausbildung (*Scomber scomber*).
Vergr. 4: 1. Kb, Kiemenbogen; Sh, hinterständiger, Sv, vorderständiger Siebfortsatz.

gestaltet sind (Textfig. 9 Sv, Sh). Durch diese Anordnung erhält die erste, dem Kiemendeckel angrenzende Kiemenspalte einen gitterförmigen Verschluss. Zwischen den folgenden Kiemenbogen bleibt dagegen die wellenförmige Ritze des biserial-symmetrischen Typus

bestehen, da die kurzen, meistens mit Zähnchen besetzten Fortsätze alternierend ineinandergreifen (Textfig. 10).

POPTA (26) und STEUER (34) haben dieser Variante eine vorherrschende Verbreitung unter den Teleosteen zugeschrieben. Ich kann dies aber nicht bestätigen. Nach meinen Untersuchungen halten der biserial-symmetrische und der dimorph-monacanth Filtertypus hinsichtlich ihrer Verbreitung einander vollkommen die Wage. Unter den Ostariophysen (*Alburnus*) nur selten auftretend kommt er unter den Anacanthini vielen Gadiden zu. Besonders häufig ist er aber in der Unterordnung der Acanthopterygii. Aus dieser sehr ungleichmäßigen Verteilung über die drei größeren Unterordnungen der Teleosteer erklärt sich das abweichende Ergebnis von POPTA und STEUER. Beide haben hauptsächlich marine Formen, unter denen die Acanthopterygii vorherrschen, untersucht. Von den 81 Species, welche POPTA selbst studierte, waren 43 Acanthopterygii, 31 Ostariophysen usw., unter denen die Salmoniden ganz fehlen und sieben Anacanthini, während Pleuronectiden nicht vertreten sind. Auch das Material von STEUER setzt sich vorwiegend aus Acanthopterygii zusammen.



Textfig. 10.

Diagramm des Kiemenspaltenverschlusses bei dimorph-monacanthen Ausbildung der Siebfortsätze. I—V, Kiemenspalten

Zu dichten Filtern verwendet die Natur den monacanthen Typus nur äußerst selten. Geschieht es doch, so erreicht sie die Verengung des Spaltenverschlusses weniger durch Modifikationen der Siebfortsätze selbst als vielmehr durch eine reichere Entfaltung ihres Zahnbesatzes (*Scomber*).

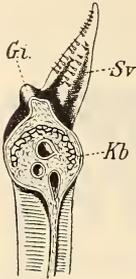
b. Die dimorph-polyacanth Variante.

Durch die Verbreitung stachelförmiger Fortsätze vom ersten auf die folgenden Bogen kommt eine zweite Variante des dimorphen Typus zustande, die ich die polyacanth nennen will.

In primitiver Ausbildung begegnet uns diese Variante bei *Trachinus draco* (Fig. 26) und *Cepola rubescens*. Hier trägt die vordere Kante der beiden ersten Kiemenbogen lange Stacheln. Im Kiemenfilter von *Mugil cephalus* (Fig. 27) und *Ammodytes tobianus* übertreffen die

vorderständigen Siebfortsätze der drei ersten Kiemenbogen die hinterständigen beträchtlich an Länge.

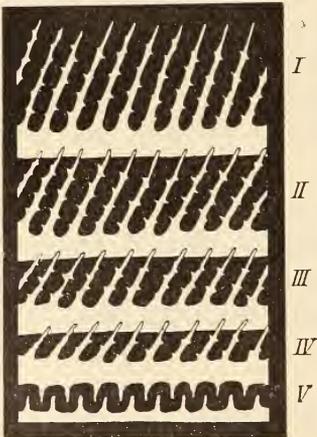
Mit der Anlage stachelförmiger Fortsätze an den Vorderkanten aller vier freien Kiemenbogen ist die charakteristische Struktur des polyacanthen Filters gegeben. Da die hinterständigen Fortsätze stets sehr kurz bleiben, an einzelnen Bogen sogar ganz verkümmern (Textfigur 11 *Sv*), nimmt das Filter vor den vier ersten Kiemenpalten (Textfig. 12 *I—IV*) eine gitterförmige Anordnung an, während die fünfte Spalte ein sehr wechselndes Verhalten zeigt.



Textfig. 11.
Vorderständiger Siebfortsatz von *Salmo irideus* bei polyacanthen Filterbildung. Vergr. 4:1.
Gi., innerer Bogengrat; *Kb*, Kiemenbogen; *Sv*, vorderständiger Siebfortsatz.

Unterbleibt die Anlage hinterständiger Fortsätze ganz, so nehmen die Siebfortsätze eine vollkommen einzeilige Anordnung an. Diese extremste Modifikation des polyacanthen Typus kommt jedoch höchst selten vor. Nur bei zwei Pleuronectiden (*Arnoglossus laterna* und *Solea vulgaris*) habe ich sie beobachtet.

Die gröbere oder feinere Struktur des polyacanthen Filters unterliegt spezifischen Schwankungen, die ausschließlich durch die wechselnde Zahl der Siebfortsätze bedingt werden. Zähnen, welche fast immer von der medialen Kante der Gitterstäbe vorragen, können die Filterlücken sekundär einengen.



Textfig. 12.
Diagramm des Kiemenpaltenverschlusses bei dimorph-polyacanthen Ausbildung der Siebfortsätze. *I—V*, Kiemenpalten.

In dieser Form finden wir das Kiemenfilter hauptsächlich bei Pleuronectiden, so wie unter den Malacopterygii bei Salmoniden, Clupeiden und Sternoptychiden.

Wie ihre Form und Anordnung hat auch die Zahl der Siebfortsätze für die Dichte des Filters große Bedeutung. Auch sie ist eine sehr variable Größe. Bei den Primitivformen, besonders des biserial-symmetrischen Typus (*Cottus*, *Agonus*, *Acerina*, *Scorpaena*, *Batrachus*, *Anabas*, *Spirobranchus* usw.) gering, steigert sich ihre Zahl bei dimorphen Filtern auf 20—30 an einer Bogenkante,

um bei den komplizierteren Modifikationen aller Typen eine noch weitere Vermehrung zu erfahren. In der Regel stehen die meisten Siebfortsätze an der vorderen Kante des ersten Bogens. Die höchsten Ziffern erreichen hier (Tab. I—III)

<i>Clupea finta</i> mit	40
<i>Coregonus albula</i> mit	43
<i>Cepola rubescens</i> mit	45
<i>Caranx trachurus</i> mit	48
<i>Clupea harengus</i> mit	64
<i>Ospromenus trichopterus</i> mit	103
<i>Clupea alosa</i> mit	123 (nach HOEK)
<i>Plecostomus Commersonii</i> mit	138.

In andern Fällen nimmt die Zahl der Siebfortsätze gegen die dritte Schlundspalte zu (Cypriniden, *Loricaria*, *Callichthys*, *Phycis*, *Raniceps*, *Crenilabrus*, *Labrus*, *Macropodus*, *Spirobranchus* usw.).

Die Zahl der Siebfortsätze unterliegt aber nicht allein spezifischen Schwankungen, sondern variiert auch bei verschiedenen Individuen einer Art. Das Alter der Fische spielt dabei eine gewisse Rolle. Bereits HOEK (16) hat dies für *Clupea alosa* und *finta* ziffermäßig belegt:

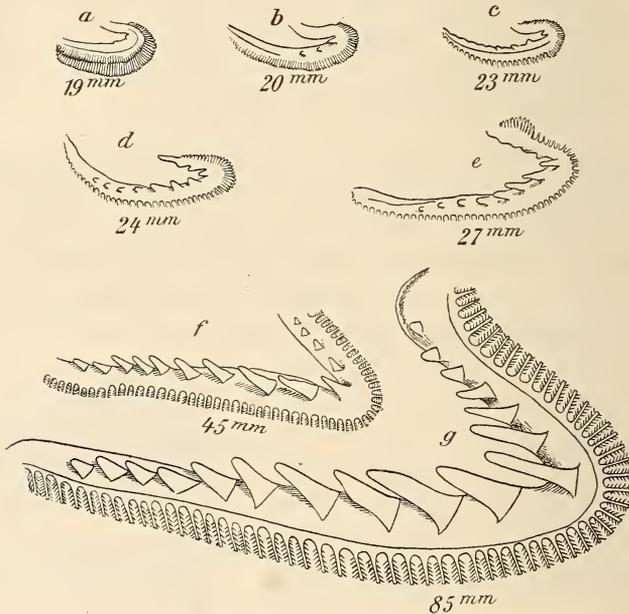
<i>Clupea alosa</i> besitzt bei	34 mm Länge	31
bei	510 mm »	122
<i>Clupea finta</i> besitzt bei	33—34 mm »	20
bei	500 mm »	40

Siebfortsätze am ersten Kiemenbogen.

Diese Altersvariationen sind jedoch an bestimmte Grenzen gebunden denn schon HOEK (16) schreibt, daß die Zahlen von einem gewissen Zeitpunkte an sich wenig ändern. Nach meinen Beobachtungen an der Forelle tritt dieser Moment ziemlich frühzeitig ein. Ich habe die Entwicklung der Siebfortsätze bei *Salmo fario* genauer verfolgt und konnte folgendes feststellen.

Bei Forellenembryonen von 19 mm liegt etwa 4 Wochen nach dem Ausschlüpfen genau im Bogenwinkel der erste Siebfortsatz (Textfig. 13 a) als winziger Höcker. Ein zweiter ist auf dem ventralen Schenkel eben angedeutet. Im Verlaufe der nächsten 2 Monate reihen sich an die vorhandenen weitere Höckerchen auf den ventralen Bogenschenkel an (Textfig. 13 b). Bei 23 mm langen Embryonen zähle ich mit dem winkelständigen Fortsatz vier Höcker (Textfig. 13 c).

Während der nächsten Zeit steigert sich ihre Zahl sehr rasch (Textfig. 13d) auf acht. Erst bei Embryonen von 24 mm treten die Fortsätze des dorsalen Bogenschenkels auf. Von da ab mehrt sich die Zahl der Siebfortsätze sehr langsam. Embryonen von 45 mm Totallänge weisen am ventralen Schenkel des ersten Bogens zehn, am dorsalen vier Siebfortsätze auf (Textfig. 13 f). Mit 85 mm Körperlänge haben die Siebfortsätze ihre definitive Zahl und Form angenommen (Textfig. 13g), denn bei Forellen von 300 mm Länge zähle ich auch nur 17 Siebfortsätze.



Textfig. 13.

Entwicklung der Siebfortsätze des ersten Kiemenbogens von *Salmo fario*. Maße = Totallänge.

Von 85 mm Totallänge an, änderte sich die Zahl der Siebfortsätze bei der Forelle nicht mehr. Damit ist aber nicht gesagt, daß sie von diesem Moment an absolut konstant bleibt. Alle Autoren stimmen vielmehr darin überein, daß die Zahl der Siebfortsätze nicht nur individuellen Variationen unterliegt, sondern auch bei demselben Individuum auf beiden Kopfseiten niemals vollkommen gleich ist.

Interessant ist die Angabe von STEUER (34, S. 280), daß die Kiemenbogen der pelagisch lebenden Jungfische von *Lophius*, der im erwachsenen Zustande keine Spur von Siebfortsätzen erkennen läßt, mit zwei Reihen kleiner, ziemlich unregelmäßig geordneter Papillen besetzt sind.

Das Studium der wechselnden Form, Anordnung und Zahl der Siebfortsätze verschafft uns lediglich eine Vorstellung von der Dichte des Kiemenfilters bei verschiedenen Fischarten. Zu ihr steht die Oberflächengröße in engster Korrelation. Obgleich dieser Faktor naturgemäß bei jedem Filter eine wichtige Rolle spielt, hat man das Kiemenfilter der Fische noch niemals von diesem Gesichtspunkte aus betrachtet. Ich will deshalb im folgenden versuchen, die Mittel zu analysieren, durch welche die Natur die Oberflächengröße der differenten Dichte des Kiemenfilters anpaßt.

Entsprechend den Raumverhältnissen in der Rachenhöhle kann die Vergrößerung des Kiemenfilters, die in der wechselnden Verbreitung der Siebfortsätze zum Ausdruck kommt, in oro-ösophagealer und in dorso-ventraler Richtung erfolgen.

Die oro-ösophageale Ausdehnung des Kiemenfilters hängt zunächst in untergeordnetem Grade von der Zahl der Kiemenspalten ab. In der Regel sind fünf Paar Kiemenspalten vorhanden. Nur bei *Scorpaena serofa*, *Sebastes imperialis*, *Zeus faber*, *Batrachus*, *Lophius piscatorius*, *Cottus scorpius* und *bubalus*, *Agonus cataphractus*, *Labrus* und *Crenilabrus* zähle ich vier Paar. Damit harmoniert das Verhalten der Siebfortsätze. Sie sind sehr primitiv entwickelt, können sogar ganz fehlen.

Das Vorhandensein einer fünften Kiemenspalte hat jedoch durchaus nicht immer die Verbreitung der Siebfortsätze bis an die äußerste Grenze des Kiemenkorbes im Gefolge, weil die fünfte Spalte infolge ihrer Kürze nur eines geringen Schutzes bedarf. Häufig finden wir die letzten Siebfortsätze bereits an der vorderen Kante des vierten Kiemenbogens (Pleuronectidae, Gadidae, Tab. V). Bei vielen Acanthopterygii breiten sie sich auch auf die hintere Kante dieses Bogens aus (Tab. V). Nur bei Cypriniden, Salmoniden und Clupeiden, welche oft sehr dichte Filter besitzen, beteiligt sich auch die vordere Kante des fünften Kiemenbogens an der Filterbildung (Tab. IV).

Auf den vorderen Rand der ersten Kiemenspalte greifen die Siebfortsätze selten über. Nur bei *Callionymus* (Tab. V, 41), *Loricaria*, *Plecostomus*, *Orthogoriscus*, *Hippocampus*, *Syngnathus* (Tab. IV) treibt die Innenwand des Kiemendeckels Vorsprünge. Im allgemeinen fällt der Verschluß der ersten Kiemenspalte den vorderständigen Siebfortsätzen des ersten Kiemenbogens allein zu.

Weitaus wichtiger für die Vergrößerung des Kiemenfilters in sagittaler Richtung ist die Breite der Kiemenspalten. In der Regel und in allen Fällen, in denen die Siebfortsätze niedrig bleiben und wenig zahlreich auftreten, liegen die Kiemenbogen ziem-

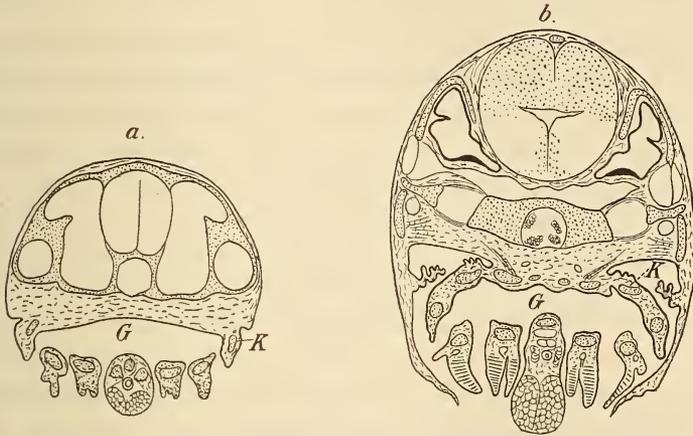
lich dicht aneinander, so daß die Kiemenspalten nur schmale Schlitzte bilden. Mit der Verengerung des Filterwerkes geht oft eine starke Verbreiterung derselben Hand in Hand. Die Kiemenbogen rücken so weit auseinander, daß die Siebfortsätze nicht mehr ineinander greifen, sondern sich nur mit den Spitzen berühren können (*Mugil*, *Ospromenus*, *Carassius* usw.). Dadurch wird die filtrierende Fläche vor jeder Kiemenspalte um das Doppelte vergrößert. Durch geringfügige Modifikationen entsteht bei dieser Art der Flächenvergrößerung bisweilen aus dem Kiemenkorb ein kunstgerechtes Faltenfilter. Die Siebfortsätze gegenüberliegender Bogenkanten wachsen beträchtlich in die Länge und schräg in die Rachenhöhle hinein, so daß sie mit den Spitzen convergierend Falten vor den Kiemenspalten bilden, welche die seitliche Rachenwand bogenförmig umziehen (*Carassius*, Fig. 14). Bei *Plecostomus* (Fig. 7) liegen die Falten nicht vor, sondern zwischen den Kiemenspalten, da die Kiemenbogen selbst kammartig in die Rachenhöhle vorspringen.

Bisweilen erfährt die filtrierende Fläche dadurch eine beträchtliche Vergrößerung, daß die Kiemenbogen und Kiemenspalten in die Länge wachsen und eine Verbreiterung der Siebfortsätze in dorso-ventraler Richtung veranlassen.

In früher Jugendzeit bilden die Kiemenbogen sichelförmig gekrümmte Spangen, welche durch die Bildung der Schlundspalten aus der ventral-lateralen Kopfwand herausgeschnitten werden. Dabei dringen die Kiemenspalten wohl bis an die ventrale Medianlinie vor, aber ihre dorsal-lateralen Winkel (Textfig. 14 *K*) trennt ein breites undifferenziertes Gaumenfeld (Textfig. 14 *G*). Bald ändert sich dieser Zustand, indem durch das Längenwachstum des Kopfes, wie ich bei Heringslarven beobachten konnte, die Kiemenbogen beträchtlich gestreckt und mehr parallel zur Schädelbasis gelagert werden. Die Folge dieser Veränderungen ist eine winkelige Knickung der Bogen kurz vor ihrem dorsalen, ungefähr in der lateralen Mittellinie gelegenen Ende. Durch diese Winkelstelle wird der ursprünglich einheitliche Bogen in zwei sehr ungleiche Schenkel, einen langen ventralen und einen zunächst minimalen dorsalen gegliedert.

Während in diesem Stadium Bogen und Spalten fast ganz auf die ventral-laterale Rachenwand beschränkt sind, ändert sich dieser Zustand in der Folge generell nur für die erste Kiemenspalte, welche mit verschwindenden Ausnahmen (*Callionymus*, *Macrurus*, *Coelorhynchus*) stets weit gegen die dorsale Medianlinie durchschneidet. Daher hat ihre Länge für die Entscheidung über die größere oder geringere

Ausdehnung des Filters keinen Wert. Darüber belehrt uns erst das Verhalten der folgenden Kiemenpalten. Für sie bleibt nämlich oft der primitive Zustand in wechselndem Grade während der ganzen Lebensdauer von Bestand (Cyprinidae, Pleuronectidae, Gadidae, Siluridae usw.). Obgleich sich im Gaumengewebe die Skeletelemente der Kiemenbogen (Pharyngo- und Epibranchialia) differenzieren, werden doch längere dorsale Bogenschenkel nicht abgegliedert, weil die Kiemenpalten nicht zwischen ihnen durchbrechen. Das wird stets



Textfig. 14.

Zwei Stadien aus der Entwicklung des Kiemenkorbes von *Clupea harengus*. *a*, 14 mm. Vergr. 40:1; *b*, 31 mm. Vergr. 20:1. *C*, Gaumenzone; *K*, dorsale Ursprungsstelle des ersten Kiemenbogens.

inhibiert, wenn die Natur die Rachendecke zur stärkeren Entfaltung des Gaumenreliefs gebraucht (Gaumenpolster der Cypriniden, Siluriden, *Mugil* usw., starke Ossa pharyngea superiora bei Anacanthini und Acanthopterygii).

Durch Messungen (Tab. VI—X) habe ich das Längenverhältnis der beiden Schenkel des ersten Bogens, soweit sie frei zutage treten und der beiden Hälften der zweiten Kiemenpalte festzustellen versucht. Bei Siluridae und vor allem bei Cyprinidae (Tab. VI) sind obere Bogen- und Spaltenteile fast gar nicht differenziert. Bei Acanthopterygii (Tab. X) übertrifft der ventrale Schenkel des ersten Bogens den dorsalen 2,4 mal, bei Gadidae (Tab. IX) im Durchschnitt sogar 3,8 mal an Länge. Noch ungünstiger stellt sich der mittlere Quotient für die dorsale Hälfte der zweiten Kiemenpalte. Bei Gadidae (Tab. IX) beträgt er 11,5, bei Acanthopterygii 4,4 (Tab. X).

Infolgedessen beteiligen sich die dorsalen Bogenschenkel nur in ganz untergeordnetem Grade am Aufbau des Kiemenfilters. Seine

Bildung fällt hauptsächlich den Ventralschenkeln zu. Der mittlere Prozentsatz der Siebfortsätze, welche an den beiden Schenkeln des zweiten Kiemenbogens stehen, ist folgender:

	Ventralschenkel	Dorsalschenkel
Cyprinidae + Siluridae (Tab. VIII)	98,6 ‰	1,4 ‰
Pleuronectidae (Tab. VII)	92,7 ‰	7,3 ‰
Gadidae (Tab. IX)	91,5 ‰	8,3 ‰
Acanthopterygii usw. (Tab. X)	88,6 ‰	11,4 ‰

Während bei der Mehrzahl der Knochenfische die Kiemenspalten fast nur zwischen den ventralen Kiemenbogenschenkeln durchbrechen, dringen sie bei Salmoniden, Clupeiden und Sternoptychiden mit fortschreitender Entwicklung (Textfig. 14 *b*, *K*) über den Bogenwinkel immer weiter gegen die dorsale Medianlinie vor und gliedern lange Stücke der dorsalen Bogenschinkel vom Gaumen ab, so daß für die Ossa pharyngea superiora kaum noch Platz übrig bleibt. Infolgedessen wird natürlich der Quotient beider Bogenschinkel wesentlich kleiner. Für den ersten Kiemenbogen der Salmoniden und Clupeiden beträgt er im Mittel aller Species (Tab. VI) nur 1,7. Durch die scharfwinklige Verbindung beider Schenkel tritt auch die Gliederung der Kiemenspalten in eine dorsale und ventrale Hälfte deutlicher als bei andern Species hervor. Ihr Quotient kommt mit 1,9 demjenigen des voranliegenden Kiemenbogens nahezu gleich.

Die Verlängerung der Kiemenbogen erfordert die Verbreitung der Siebfortsätze auf die dorsalen Bogenschinkel. Während bei den übrigen Teleosteen im Maximum 11,4 ‰ der Siebfortsätze des zweiten Kiemenbogens dem dorsalen Schenkel angehören, steigt ihre Zahl bei den Salmoniden und Clupeiden im Mittel aller Species auf 30,8 ‰ (Tab. VI). Im Einzelfalle ist der Prozentsatz vielfach sogar noch wesentlich höher (*Salmo Salar* 47,1 ‰, *Thymallus* 45 ‰, *Coregonus albula* 42 ‰).

Die Salmoniden und Clupeiden besitzen mithin ein viel umfangreicheres Filter als andre Teleosteer, zumal sich die Siebfortsätze auch stets bis hart an die Schlundpforte ausbreiten (Tab. IV). Infolgedessen ist das Bedürfnis, seinen Flächeninhalt weiter zu steigern, nicht vorhanden. Derselbe unterliegt so gut wie gar keinen Schwankungen, dagegen wird die Natur bei andern Knochenfischen oft gezwungen, die ursprünglich kleine Filterfläche auch dorsalwärts zu vergrößern.

In der Regel geschieht dies durch Verlängerung und starke Krümmung der ventralen Bogenschinkel (*Cyprinus*, *Carassius*, *Mugil*). Nur in Ausnahmefällen dringen die Kiemenspalten, wie bei den

Salmoniden, zwischen die dorsalen Bogenschenkel ein (*Plecostomus*), das geht dann so weit, daß beide Bogenschenkel nahezu gleich lang werden (Tab. VIII, 10).

Rekapitulieren wir in aller Kürze die bisherigen Ausführungen, so stehen der Natur mancherlei Mittel zur Verfügung, Dichte und Oberflächengröße des Kiemenfilters zu modifizieren.

Die Dichte des Filters hängt ab:

- 1) von der Form und Modellierung,
- 2) von der Anordnung, dem mehr oder weniger innigen Ineinandergreifen,
- 3) der wechselnden Zahl der Siebfortsätze.

Seine Größe variiert:

I. in oro-ösophagealer Richtung:

- 1) mit der Zahl der Kiemenspalten,
- 2) mit der Verbreitung der Siebfortsätze gegen den Kiemen-
deckel und die Schlundpforte,
- 3) mit der Breite der Kiemenspalten,
- 4) mit der Stellung der Siebfortsätze zueinander (faltentartige
Gruppierung).

II. in dorso-ventraler Richtung:

- 5) mit der Länge der ventralen Bogen- und Spaltenteile,
- 6) mit der Länge der dorsalen Bogen- und Spaltenteile.

II. Die spezifischen Variationen.

Nachdem ich den Leser in großen Zügen über Ziele und Wege meiner Untersuchung orientiert habe, kann ich ihn ohne Mühe durch die wunderbare Mannigfaltigkeit der spezifischen Variationen des Teleosteer-Filters hindurchführen. Wollte ich aber alle Einzelheiten auch nur einigermaßen genau beschreiben, so würde meine Darstellung sich ins Ungemessene verlieren. Ich will mich deshalb darauf beschränken, an einer Reihe von markanten Beispielen zu erläutern, in welcher Weise die Natur Dichte und Oberflächengröße des Kiemenfilters in Einklang zu bringen sucht.

1. Malacopterygii.

(Tab. I, IV, VI; Fig. 33—37.)

Salmonidae, Clupeidae.

Die Beziehungen zwischen Dichte und Oberflächengröße des Filters treten nicht bei allen Species mit gleicher Deutlichkeit hervor,

weil der extrem gesteigerte Sauerstoffhunger dieser Fische die Natur zwingt, dem abfließenden Strom des Atemwassers möglichst viel Raum zu geben, während das Bedürfnis eines dichten Kiemenpaltenverschlusses nicht immer vorhanden ist. Daher dringen die Kiemenpalten bei allen Salmoniden und Clupeiden über den Bogenwinkel weit gegen die dorsale Medianlinie vor, aber die Verfeinerung des Kiemenfilters hält damit nicht immer gleichen Schritt. Vielmehr lassen sich die untersuchten Species nach Zahl und Länge der Siebfortsätze in zwei Gruppen scheiden.

Mit Ausnahme von *Salmo salvelinus* (Fig. 36, Tab. I) tragen die Kiemenbogen der *Salmo*-Arten, sowie von *Thymallus*, *Coregonus fera* und *hiemalis* (Fig. 35, Tab. I) relativ wenige und kurze Fortsätze. Die Zahl der Siebfortsätze auf dem ventralen Schenkel des ersten Kiemenbogens schwankt zwischen 9 und 13 (Tab. VI). Ihre größte Länge beträgt im Winkel des ersten Bogens:

	Absolut: (Bezogen auf den ventr. Schenkel)	Relativ:
<i>Salmo fontinalis</i>	2 mm	8,5
<i>Salmo hucho</i>	14 mm	4,3
<i>Salmo salar</i>	3 mm	4,6
<i>Salmo fario</i>	4 mm	9
<i>Thymallus vulgaris</i>	5 mm	5
<i>Coregonus fera</i>	5,5 mm	4,7.

Der mittlere Quotient aus dem ersten ventralen Bogenschenkel und dem längsten Siebfortsatz beträgt mithin 6,1.

Bei *Salmo salvelinus*, den übrigen *Coregonus*-Arten, *Clupea* und *Engraulis* nimmt mit der Länge der Siebfortsätze auch ihre Zahl zu, um bei *Coregonus Wartmanni* auf 22, *Clupea finta* 27, *Coregonus albula* 29, *Engraulis* 34, *Clupea harengus* 44 für den ersten rechten Ventralschenkel zu steigen (Tab. VI). Gleichzeitig strecken sich die Fortsätze beträchtlich in die Länge:

	Absolut:	Relativ:
<i>Salmo salvelinus</i>	7 mm	4,0
<i>Coregonus Wartmanni</i>	8 mm	2,9
<i>Coregonus albula</i>	7 mm	2,0
<i>Coregonus hiemalis</i>	4 mm	3,5
<i>Clupea harengus</i>	8 mm	2,5
<i>Clupea finta</i>	11 mm	3,5
<i>Engraulis encrasicolus</i>	6 mm	2,7.

Aus dieser Zusammenstellung ergibt sich als mittlerer Quotient aus dem 1. ventralen Bogenschenkel und seinem längsten Siebfortsatz nur 3,1 gegenüber 6,1 in der ersten Gruppe. Dadurch wird ein enges Gitterwerk vor den Kiemenpalten geschaffen, dessen Spalträume, wie ich schon früher geschildert habe, durch seitlich vorspringende Zähne sekundär gesperrt werden. Im Gegensatz zu andern Teleosteen stecken die Zähne, wie STEUER hervorhebt und auch meine Textfig. 4 erkennen läßt, nicht in kraterförmigen Höhlungen der Stützknochen. Hand in Hand mit der Verfeinerung des Filterwerkes geht meistens eine starke Reduktion des Zahnbesatzes der Mundhöhle. Nur für *Salmo salvelinus* trifft das nicht zu.

Die hinterständigen Siebfortsätze haben für den Verschluß der Kiemenpalten gar keine Bedeutung, da sie stets sehr klein bleiben und an einzelnen Bogen ganz unterdrückt sind, wie die folgende Zusammenstellung zeigt. Die hinterständigen Siebfortsätze fehlen (Tab. IV):

a) am ersten Bogen:

Salmo fontinalis (Tab. IV, 2),

Salmo hucho (Tab. IV, 3),

Salmo salar (Tab. IV, 4),

Coregonus hiemalis (Tab. IV, 7),

Coregonus albula (Tab. IV, 10),

b) an den beiden ersten Bogen:

Clupea harengus (Tab. IV, 11),

c) an den beiden ersten und der ventralen Hälfte des dritten Bogens:

Engraulis encrasicolus (Tab. IV, 13),

d) an den drei ersten Bogen:

Clupea finta (Tab. IV, 12)¹,

Clupea alosa (nach HOEK).

2. Pleuronectidae.

(Tab. III, V, VII; Fig. 29—32.)

Eines der interessantesten Ergebnisse meiner Untersuchung ist der Befund, daß die Pleuronectiden, welche den Salmoniden und Clupeiden systematisch sehr fern stehen, genau den gleichen Filter-

¹ In meiner früheren Studie habe ich, verleitet durch eine falsche Etikette des uralten Präparates, das untersuchte Exemplar als *Clupea alosa* bezeichnet. Aus der Untersuchung von HOEK (16) ersehe ich aber, daß *Clupea alosa* eine wesentlich höhere Zahl von Siebfortsätzen besitzt als mein Exemplar.

typus erkennen lassen, wie diese. Auch das Kiemenfilter der Pleuronectiden müssen wir dem dimorph-polyacanthen Typus unterordnen. Obgleich STEUER (34) und DUNCKER (9) einige Pleuronectiden-Filter untersuchten, ist ihnen mangels des nötigen Vergleichsmaterials diese Tatsache entgangen. Man braucht jedoch nur die Kiemenfilter von *Drepanopsetta* (Fig. 30), *Pleuronectes platessa* (Fig. 32) und *Salmo fario* (Fig. 35) zu vergleichen, um sich von der großen Ähnlichkeit dieser Gebilde zu überzeugen. Ich will deshalb die systematische Disposition meiner Schilderung durchbrechen und den Salmoniden und Clupeiden sofort die Pleuronectiden anschließen, um meine Befunde in das rechte Licht zu rücken.

Nach Form und Zahl der Siebfortsätze stimmen die Pleuronectiden mit den Salmoniden, welche durch relativ wenige, kurze Fortsätze ausgezeichnet sind, überein. Ihre Zahl schwankt am Ventral-schenkel des ersten rechten Kiemenbogens zwischen 3 und 13, bei Salmoniden zwischen 9 und 13 (Tab. VII). Ihre größte Länge beträgt am gleichen Kiemenbogen:

	Absolut:	Relativ:
<i>Rhombus maximus</i>	9 mm	6,6
<i>Pleuronectes microcephala</i>	1,5 mm	6,0
<i>Pleuronectes limanda</i>	3 mm	7,3
<i>Pleuronectes platessa</i>	3 mm	8,3
<i>Drepanopsetta</i>	4,5 mm	5,1
<i>Arnoglossus laterna</i>	2 mm	6,0.

Hieraus ergibt sich als mittlerer Quotient aus dem ersten Ventral-schenkel und dem längsten Siebfortsatz 6,5. Bei den Salmoniden betrug er 6,1.

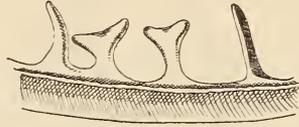
Die Ähnlichkeit mit den Salmoniden tritt nicht bei allen Plattfischen gleich deutlich hervor, denn während erstere eine gewisse Gleichförmigkeit des Kiemenfilters erkennen lassen, unterliegt es bei Pleuronectiden starken spezifischen Modifikationen. Diese Differenzen sind jedoch nur graduell, so daß wir die untersuchten Pleuronectiden ohne Zwang in eine Reihe ordnen können, die mit *Solea lutea* beginnt und mit *Rhombus* endet. Ich will diese Variationen an der Hand einiger Photogramme und Zeichnungen schildern.

Bei *Solea lutea* fehlen die Siebfortsätze vollständig. Die Innenkante der Kiemenbogen ist vollkommen glatt und leicht gekrümmt. *Solea vulgaris* (Fig. 31) hingegen läßt die ersten Andeutungen eines Kiemenfilters erkennen. Als primitive Knötchen (Fig. 31 S)

hervortretend sind die Siebfortsätze auf die Vorderkanten der drei ersten Kiemenbogen beschränkt (Tab. V, 33), denen sie in geringer Zahl und unregelmäßiger Anordnung aufsitzen (Tab. III). Bei *Arnoglossus laterna* ist nicht allein die Zahl der Siebfortsätze (Tab. III), sondern auch ihre oro-ösophageale Verbreitung (Tab. V, 32) gesteigert. Auch die Vorderkante des vierten Kiemenbogens trägt einige Siebfortsätze. Während sie bei *Arnoglossus* im allgemeinen als einfache Stacheln auftreten, treiben sie nahe der ventralen Medianlinie an korrespondierenden Stellen des zweiten und dritten Kiemenbogens plumpe Gabeläste (Textfig. 15).

Sind *Solea vulgaris* und *Arnoglossus laterna* (Tab. V, 32, 33) durch eine rein vorderständige Anordnung der Siebfortsätze gekennzeichnet, so machen sich bei *Drepanopsetta* (Tab. V, 31) Anfänge einer zweizeiligen Gruppierung bemerkbar, indem auch an der hinteren Kante des vierten Kiemenbogens wenige kurze Fortsätze sprossen. An den Vorderkanten treten sie zahlreicher als bei andern Species auf und bilden stark komprimierte feine Stacheln (Fig. 30), die gegen den Schlund zu an Zahl und Größe allmählich abnehmen (Tab. III).

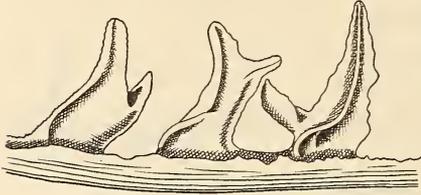
Ähneln schon *Drepanopsetta* manchen Salmoniden, so wird diese Übereinstimmung bei *Pleuronectes platessa* und *limanda* (Fig. 32) womöglich noch größer, so daß man die isolierten Filterapparate mangels andrer diagnostischer Merkmale nur schwer würde unterscheiden können. In der Anordnung und Verbreitung der Siebfortsätze harmoniert *Pleuronectes platessa* durchaus mit *Drepanopsetta* (Tab. V, 30). Ihre Form (Fig. 32) ist dagegen nicht so zierlich. Sie sind vielmehr kürzer und kräftiger, auch nicht so zahlreich als bei *Drepanopsetta* (Tab. III). Mit breiter Basis den vorderen Kiemenbogenkanten ansitzend bilden sie dreieckige, seitlich komprimierte Platten (Fig. 32), deren größte Länge am ersten Kiemenbogen 3 mm beträgt. *Pleuronectes limanda* (Tab. III, V, 29) gleicht *Pl. platessa* im allgemeinen sehr, doch besitzen ihre Siebfortsätze, deren Zahl etwas vermehrt ist, die Tendenz zu bizarren Verzweigungen (Textfig. 16). Ähnliche Mißbildungen haben auch DUNCKER und STEUER beobachtet. *Pleuronectes microcephala* (Tab. III, V, 28), die sich den beiden andern *Pleuronectes*-Arten im allgemeinen anschließt, weist eine zierlichere Gestalt der Siebfortsätze auf. Interessanter erscheint mir das ver-



Textfig. 15.

Zwei gegabelte Siebfortsätze vom zweiten rechten Kiemenbogen von *Arnoglossus laterna*. Vergr. 10:1.

einzelte Auftreten von Siebfortsätzen an der hinteren Kante des ersten und der vorderen des fünften Kiemenbogens (Tab. V, 28), weil dadurch der Übergang zu *Rhombus* vermittelt wird. Während nämlich bei *Pleuronectes microcephala* die hinteren Kanten des zweiten und dritten Bogens (Tab. V, 28) noch vollkommen nackt sind, tragen bei *Rhombus maximus* (Tab. V, 27) und *laevis* sämtliche freien Kiemen-



Textfig. 16.

Drei nebeneinander stehende verästelte Siebfortsätze vom zweiten linken Kiemenbogen von *Pleuronectes limanda*.
Vergr. 12:1.

bogen zwei Reihen von Siebfortsätzen. Dabei nehmen die vorderständigen Fortsätze (Fig. 29 c) gegen die Schlundpforte mehr und mehr an Länge ab. Die hinterständigen hingegen werden in derselben Richtung immer größer, so daß sie am letzten Bogen den vorderständigen an Umfang gleich-

kommen. Obleich dadurch der generelle Charakter des polyacanthen Filtertypus in keiner Weise irritiert wird, verwischt sich infolge der plumpen Gestaltung der Siebfortsätze bei *Rhombus* die Ähnlichkeit mit den Salmoniden etwas.

Die Übereinstimmung des Salmoniden- und Pleuronectidenfilters erstreckt sich aber nur auf Form, Zahl und Anordnung der Siebfortsätze, also diejenigen Faktoren, welche die Dichte des Filters bedingen. Seine Oberflächengröße ist in beiden Gruppen total verschieden. Während bei den Pleuronectiden (Tab. VII) mit Ausnahme der ersten die drei folgenden Kiemenspalten fast ganz auf den Rachenboden beschränkt bleiben, dringen sie bei den Salmoniden (Tab. VI) über das Bogengelenk hinaus sehr weit gegen die dorsale Medianlinie vor. Infolgedessen ist der mittlere Quotient aus der ventralen und dorsalen Hälfte der zweiten Kiemenspalte:

bei Salmoniden und Clupeiden nur 1,9 (Tab. VI),

bei Pleuronectiden dagegen 4,9 (Tab. VII).

Damit steht die dorso-ventrale Verbreitung der Siebfortsätze im engsten Zusammenhang. Bei Salmoniden usw. stehen im Mittel aller Species 30,8 % der Siebfortsätze des zweiten Kiemenbogens (Tab. VI) auf dem dorsalen Bogenschenkel. Bei Pleuronectiden (Tab. VII) trägt das entsprechende Bogenstück nur 7,3 %.

Diese Differenzen beeinflussen die Ausbildung der Ossa pharyn-

gea superiora in hohem Grade. Bei den Pleuronectiden als drei Paar stark bezahnte Platten entwickelt (Fig. 32 *Os*), sind sie bei den Salmoniden kaum zu erkennen.

Ein weiterer Unterschied zwischen beiden Familien resultiert aus dem Verhalten der hinterständigen Fortsätze. Den Pleuronectiden fehlen sie fast durchweg (Tab. V, 28—33). Nur *Rhombus* besitzt sie an sämtlichen Kiemenbögen. Bei den Salmoniden (Tab. IV, 1—11) dagegen sind sie nur am ersten Bogen einiger Species unterdrückt. In dieser Beziehung harmonieren die Pleuronectiden mehr mit den Clupeiden, deren hinterständige Fortsätze gleichfalls mehr oder minder verkümmern (Tab. IV, 11—13). Ferner trägt die vordere Kante des fünften Kiemenbogens der Salmoniden und Clupeiden stets Fortsätze (Tab. V, 1—13), der Pleuronectiden aber niemals (Tab. V, 27—33). Schließlich entbehren die Siebfortsätze der Pleuronectiden im Gegensatz zu Salmoniden usw. fast immer der Zähnen. Nur bei *Rhombus* ist ihre Innenkante reichlich mit Zähnen besetzt (Fig. 29 *c*). Das Kiemenfilter der Pleuronectiden besitzt somit einen viel geringeren Flächeninhalt als das der Salmoniden.

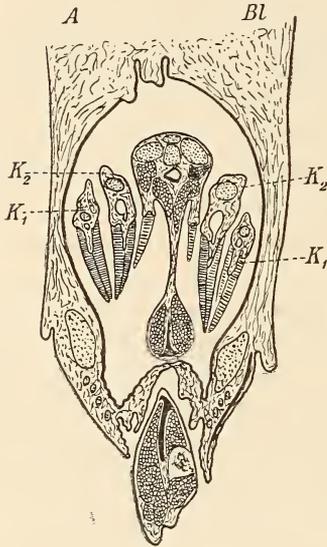
Dazu gesellt sich bei den Pleuronectiden eine mehr oder minder asymmetrische Ausbildung des Kiemenkorbes. Bereits STEUER und DUNCKER haben dafür Belege angeführt. Nach DUNCKER (9, S. 81) sind die Siebfortsätze auf der Augenseite meist etwas (um ein oder zwei) zahlreicher als auf der blinden. Ferner ist die Kiemenöffnung der Augenseite beträchtlich weiter als auf der blinden; infolgedessen muß auch der Reusenapparat der Augenseite zwecks gleicher Arbeitsleistung stärker entwickelt sein. Auch STEUER (34, S. 294) macht bei *Pleuronectes passer* auf die ungleiche Zahl der Siebfortsätze beider Seiten aufmerksam. An 20 Individuen stellte er als Mittelwerte fest:

	Augenseite	Blinde Seite	Differenz	
I. Bogen	12,1	12	+0,1	
II. Bogen	10,2	9,94	+0,26	
III. Bogen	9,3	8,94	+0,36	
IV. Bogen	vorn	4,83	5,05	—0,22
	hinten	4	4,1	—0,1

Demnach stehen an den drei ersten Kiemenpalten der Augenseite mehr Fortsätze als auf der blinden. An der vierten Spalte ist es jedoch umgekehrt.

Ogleich meine Tabelle III Ähnliches erkennen läßt, möchte ich doch auf diese geringfügigen Zahlendifferenzen keinen allzu großen

Wert legen, weil sie bei allen Fischen vorkommen. Wichtiger erscheint mir die asymmetrische Lagerung der Kiemenbogen und die ungleiche Ausbildung der beiderseitigen Siebfortsätze. Da auf der flacheren blinden Seite (Textfig. 17 *Bl*) die Kiemenhöhle nicht so geräumig ist als auf der Augenseite (Textfig. 17 *A*), finden die Kiemenbogen in ihrer ganzen Länge nebeneinander keinen Platz. Ihre ventral-medialen Enden ordnen sich daher auf der blinden Seite (Textfig. 17 *Bl*, K_1 , K_2) so tief terrassenförmig untereinander, daß bei seitlicher Ansicht des Kiemenkorbes (Fig. 29 *b*) die den Copulae be-



Textfig. 17.

Querschnitt durch die Rachenhöhle von *Arnoglossus laterna*. Vergr. 5:1. *A*, Augenseite; *Bl*, blinde Seite; K_1 , erster, K_2 , zweiter Kiemenbogen.

nachbarten Siebfortsätze des zweiten und dritten Bogens durch die langen Stacheln des ersten Kiemenbogens nicht verdeckt werden. Auf der Augenseite (Fig. 29 *a*) ist dies der Fall, weil hier die entsprechenden Bogenstücke mehr im gleichen Niveau liegen (Textfig. 17 *A*, K_1 , K_2). Daran trägt aber auch zum Teil die verschiedene Länge der Siebfortsätze auf beiden Kopfseiten schuld. Bei *Rhombus maximus* messen die vorderständigen Siebfortsätze des ersten Bogens der blinden Seite (Fig. 29 *b*) höchstens 7,5 mm, auf der Augenseite dagegen 9 mm (Fig. 29 *a*).

Während die Pleuronectiden im Bau des Filters manche Züge mit den Salmoniden und Clupeiden gemeinsam haben, kann ich ähnliche Beziehungen zu den Zeiden, welche

BOULENGER (5) im Anschluß an THILO (37) mit den Pleuronectiden als Zeorhombi vereinigt hat, nicht auffinden. Zwar schreibt STEUER dem *Zeus faber* ein ähnliches Filter zu wie *Pleuronectes* und *Rhombus*, aber trotz wiederholter Betrachtung kann ich mich von dieser Ähnlichkeit nicht überzeugen. Die Siebfortsätze von *Zeus* (Tab. III, V, X) sind deutlich biserial geordnet und abgesehen von geringen Größenunterschieden der beiderseitigen Fortsätze, welche bei symmetrischen Filtern häufig vorkommen, an beiden Bogenkanten gleich gestaltet. Ferner besitzt *Zeus* nur vier Kiemenpalten, bei den Pleuronectiden dagegen ist auch die fünfte offen.

3. Ostariophysii.

(Tab. I, IV, VIII; Fig. 6—16.)

Siluridae (Fig. 6—9).

POPTA (26) hat bereits das Kiemenfilter unsres heimischen Welses (*Silurus glanis*) und einer ganzen Reihe seiner exotischen Verwandten beschrieben. Obgleich die abgekürzte Darstellung und das Fehlen von Abbildungen ein sicheres Urteil nicht erlauben, scheinen doch alle diese Formen wenig interessante Verhältnisse darzubieten. Abgesehen von *Silurus* und *Wallago*, deren vielfach gegabelte Fortsätze eine mehr symmetrische Ausbildung aufweisen und *Platystoma*, der an den zwei ersten Kiemenbögen lange Fortsätze tragen soll, scheinen die Filter der übrigen Species dem monacanthen Typus anzugehören (*Clarias*, *Bagrus*, *Chrysichthys*, *Arius*, *Bagarius*, *Synodontis*). Bei vielen dieser Species sollen die hinterständigen Fortsätze des ersten und zweiten Bogens unterdrückt sein.

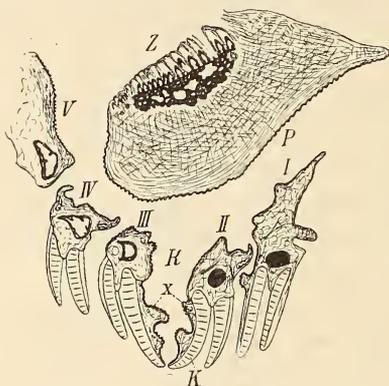
Die Angaben über *Silurus*, die ich allerdings nur an einem Skelet, dessen Kiemenkorb das Filterwerk noch trug, kontrolliert habe, kann ich bestätigen. Bietet das grobe Filterwerk von *Silurus* wenig Bemerkenswertes, so erwies sich die Ausdehnung meiner Studien auf einige Panzerwelse, die ich zum Teil dem Naturalienkabinett in Stuttgart verdanke, als sehr glücklich. Zur Verfügung standen mir *Loricaria cataphracta*, *Callichthys asper* und *Plecostomus Comersonii*.

Loricaria cataphracta und *Callichthys asper* (Fig. 6).

Im Gegensatz zu *Silurus* ist das Kiemenspaltsystem dieser beiden Species (Tab. VIII, 8 und 9) stark verkürzt, da die mächtig entfalteten Ossa pharyngea superiora sich an der dorsalen Rachenwand ausbreiten. Bei *Loricaria* sind sie mit kegelförmigen, nach hinten an Größe zunehmenden Zähnen besetzt, während *Callichthys* (Textfig. 18 P) an ihrer Stelle dicke weiche Polster besitzt, deren hinteren Rand zwei Reihen scharfer Zähne (Textfig. 18 Z) umsäumen. Demzufolge bleiben die dorsalen Bogenschenkel verborgen und das Filter auf die Ventralschenkel lokalisiert (Tab. VIII). Das Filter ist nur grob, zeichnet sich jedoch durch mancherlei Eigentümlichkeiten aus, die ich im folgenden schildern will.

Erwähnenswert sind zunächst die Lagebeziehungen der ventralen Bogenschenkel zueinander. Der zweite Bogen (Textfig. 18 II) liegt

bedeutend tiefer als der erste (Textfig. 18 I), der dritte mit dem zweiten in gleicher Höhe (Textfig. 18 III), während die beiden letzten wieder etwas höher verlaufen (Textfig. 18 IV, V). Auf diese Weise erhalten die beiden Kiemenkorbhälften eine muldenförmige Höhlung, an deren tiefster Stelle sich die dritte Kiemenspalte öffnet. Ihre medialen Seitenflächen sind stark abgeschrägt und ganz glatt, da hier die Siebfortsätze bei *Callichthys* gänzlich fehlen und bei *Loricaria* bis an die Basis der Kiemenblättchen heruntergeschoben sind.



Textfig. 18.

Sagittalschnitt durch den Kiemenkorb von *Callichthys asper*. Vergr. 4:1. K, Kiemenblättchen; P, Polster der Ossa pharyngea superiora; Z, Zähne der Ossa pharyngea superiora; I—V, Kiemenbogen.

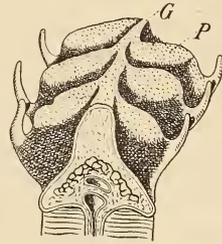
So entsteht eine glattrandige Rinne (Textfig. 18 R), welche in die dritte Kiemenspalte hineinführt. Bei *Callichthys* haben sich im Bereiche dieser Spalte eigentümliche Bildungen differenziert. Während an den medialen Rändern der dritten Kiemenspalte keine Siebfortsätze gewuchert sind, treiben die der dritten Kiemenspalte zugekehrten Kanten der Kiemenblättchen zwei bis mehrere, übereinander liegende konische Papillen (Textfig. 18 x), welche so geordnet sind, daß sich die Höckerchen

der vorderen Kiemenblättchenreihe zwischen diejenigen der gegenüberliegenden Reihe einfügen. Offenbar soll dadurch der Ausfall der Siebfortsätze ausgeglichen werden.

Ferner stehen am medialen Winkel der dritten Kiemenspalte zwei hohe weiche Hautfalten, die kulissenartig hintereinander geordnet zwischen sich eine Furche bilden, welche von den Copulae her in die dritte Kiemenspalte hineinführt (Fig. 6 F). Die Bedeutung dieser Reliefbildungen entzieht sich meiner Beurteilung.

Die Siebfortsätze sind spezifisch verschieden gestaltet. Bei *Loricaria* besitzen sie die Form kleiner dreieckiger Plättchen, zwischen deren Reihen ein Grat nur schwach differenziert ist. Sie bleiben nicht bloß auf die Kiemenbogen beschränkt, sondern verbreiten sich auch auf die Innenwand des Kiemendeckels, so daß sämtliche Spalten von zwei Seiten her geschützt sind. Die Innenkante der seitlich stark komprimierten Siebfortsätze von *Callichthys* (Textfig. 19) wölbt sich lateral vor und bildet kleine raue Polster (Textfig. 19 P). Die-

selben entwickeln sich jedoch nur auf der dem Bogengrat (Textfig. 19 *G*) benachbarten Hälfte der Siebfortsätze. Ihr distales Ende bleibt frei und ragt als lange gekrümmte Spitze, welche durch einen tiefen Ausschnitt vom Polster deutlich abgegrenzt ist, in den Rachenraum hinein. Obgleich die Oberfläche der Polster durch dichtgestellte Wärzchen und Knötchen stark gerauht erscheint, trägt sie doch keine wirklichen Zähnen.



Plecostomus Commersonii Val. (Fig. 7—9).

Plecostomus ist unstreitig der interessanteste Vertreter aller von mir untersuchten Teleosteer, denn in seinem Filter treten die innigen Wechselbeziehungen zwischen Dichte und Oberflächengröße mit aller nur wünschenswerten Klarheit zutage.

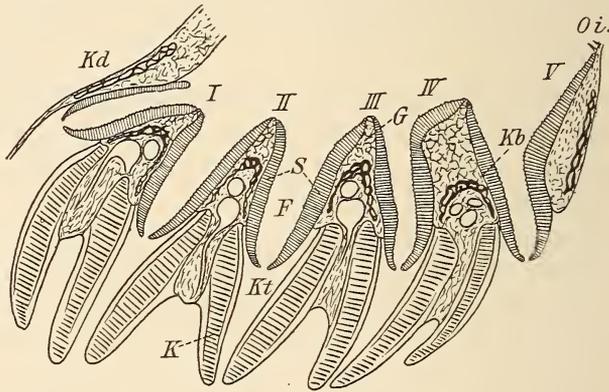
Von den bisher beschriebenen Loricaridae unterscheidet sich *Plecostomus* total. Bildet die Natur bei jenen ein grobes Siebwerk vor den Kiemenpalten, so läßt sie bei *Plecostomus* ein äußerst feines Kiemenfilter sich entwickeln. Mit der Verengung des Filters hat seine Flächenausdehnung gleichen Schritt gehalten, wobei fast alle Mittel, welche ich im ersten Abschnitt namhaft gemacht habe, Anwendung finden. An die Stelle der kurzen Schlitz von *Loricaria* und *Callichthys* treten lange, nahezu bis an die dorsale Medianlinie vordringende Kiemenpalten, so daß die scharfwinkelig geknickten Kiemenbogen ihr Gelenk (Fig. 7 *W*) ungefähr in der Mitte tragen (Tab. VIII, 10). Dies ist der einzige Fall, in dem die beiden Bogenschenkel (Fig. 7 *V, D*) annähernd die gleiche Länge besitzen.

Eine weitere Vergrößerung erfährt die filtrierende Fläche durch die eigenartige Anordnung und Ausbildung der Siebfortsätze. Der innere Bogengrat (Fig. 8 *Gi*), der in der Regel den Charakter des Kiemenfilters nicht beeinflusst, ist bei *Plecostomus* mächtig gewuchert. Sieht man von der Mundhöhle her (Fig. 7) in den Rachenraum hinein, so erscheinen Boden und Decke von je fünf den dorsalen und ventralen Bogenschenkeln aufsitzenden scharfkantigen Kämmen durchzogen (Fig. 7 *Gi*), die gegen die Bogenenden und den Bogenwinkel sanft abfallen. Über die Seitenwand dieser Kämmen verlaufen die Siebfortsätze als schmale und niedrige Leisten, die das Epithel in ein dichtes System feiner, leicht S-förmig gekrümmter Rinnen (Fig. 8 *S*) verwandeln und von der Gratkante bis gegen die Basis

Textfig. 19.
Siebfortsätze von *Callichthys asper*. Vergr. 7:1. *G*, innerer Bogengrat; *P*, Polsterfläche der Siebfortsätze.

der Kiemenblättchen reichen. Die Kommunikation der einzelnen Rinnen mit der Rachenhöhle vermittelt ein äußerst schmaler, unregelmäßig konturierter Spalt (Fig. 8), da der freie Rand der Siebfortsätze verdickt und mit Zähnen und Höckern besetzt ist. Die Rinnen gleichen also mehr unvollkommen geschlossenen Röhren, in die das Wasser durch feine Poren hineinsickert. Da ich an der vorderen Kante des ersten Kiemenbogens nicht weniger als 140 Siebfortsätze zählte, entsteht ein höchst kompliziertes Faltenfilter. Von seiner zierlichen Beschaffenheit können wir uns eine rohe Vorstellung machen, wenn wir uns die Falten eines Papierfilters in zahlreiche quere Fältchen gelegt denken.

Gegen die Basis der Kiemenblättchen ändert sich dieses Bild merklich. Die Leisten (Textfig. 20 *S*) heben sich von ihrer Unterlage



Textfig. 20.

Sagittalschnitt durch den Rachenboden von *Plecostomus Commersonii*. Vergr. 5:1. *F*, Filterfurche; *G*, Bogengrat; *K*, Kiemenblättchen; *Kb*, Kiemenbogen; *Kd*, Kiemendeckel; *Kt*, Kiementasche; *Oi*, Ossa pharyngea inferiora; *S*, Siebfortsätze; *I*—*V*, Kiemenbogen.

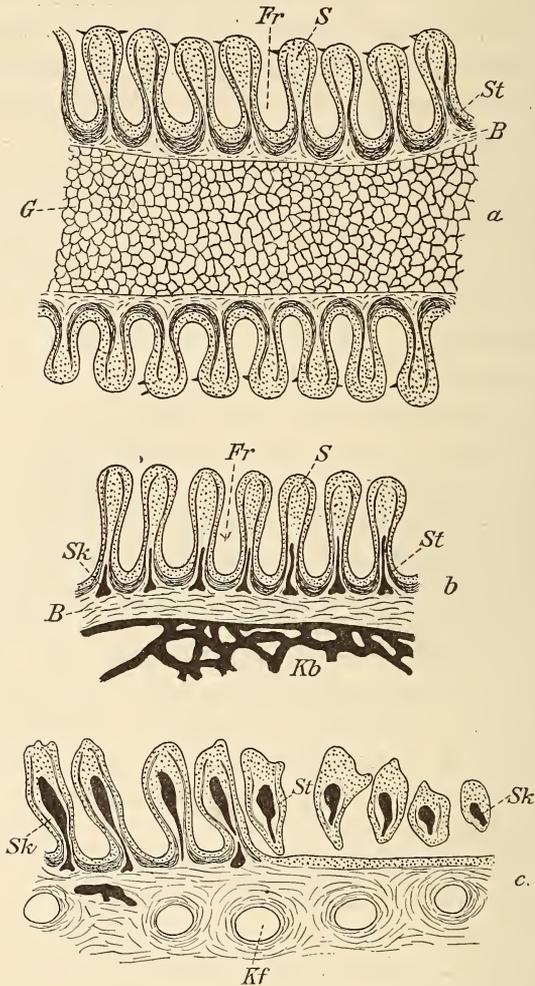
ab, um als säbelartig gebogene Fortsätze, welche die Basis der Kiemenblättchen (Textfig. 20 *K*) eine Strecke weit überdecken, frei in die Kiemenpalten vorzuragen. Indem sich ihre Spitzchen aneinander legen, entstehen zwischen den Kiemenbogen ziemlich tiefe Furchen (Textfig. 20 *F*), deren solide Seitenwand durch das Rinnensystem des Kiemenbogenepithels gebildet wird, während die freien Leistenspitzen den Boden als feines Gitter absperren. Durch ihren Gitterboden kommuniziert die Filterfurche, welche die innere Hälfte der Schlundtasche repräsentiert, mit der äußeren Hälfte derselben, die von den Kiemenblättchen umgrenzt wird (Textfig. 20 *Kt*). Infolge der eigenartigen Anordnung der Kiemenblättchen hat sie die Form

einer schmalen Tasche (Kiementasche) angenommen. In der Regel stehen die vorder- und hinterständigen Kiemenblättchen vollkommen parallel zueinander, so daß die Blättchen sämtlicher Kiemenbogen einen einheitlichen Haufen bilden. Bei *Plecostomus* dagegen (Textfigur 20 *K*) konvergieren die Kiemenblättchen gegenüberliegender Bogenkanten. Dadurch, daß ihre distalen Enden aneinander stoßen, kommen die Kiementaschen zustande (Fig. 9 *II—IV*). Nur die erste und fünfte Kiemenspalte entbehren eines derartigen Abschlusses gegen die Kiemendeckelhöhle, da zu ihnen nur je eine Kiemenblättchenreihe gehört. Die drei mittleren Kiemenspalten hingegen bestehen aus zwei ineinander geschobenen, sichelförmig gekrümmten Abteilungen, der medialen Filterfurche und der lateralen Kiementasche (Textfig. 20 *F* und *Kt*).

Ebenso merkwürdig wie seine Anordnung ist auch die Struktur des Filters. Auf Querschnitten durch den Kiemenbogen erkennt man, daß dem knöchernen Kiemenbogen (Textfig. 20 *Kb*) ein hoher keilförmiger Grat (Textfig. 20 *G*) aus lockerem, weitmaschigem Bindegewebe aufgelagert ist. Dichtere, parallele Faserzüge (Textfig. 21 *a, B*) verbinden das oberflächliche Filterwerk mit dem Bindegewebspolster. Auf transversalen Längsschnitten, die oberhalb des Kiemenbogenskeletes geführt sind, sehen wir, daß die Schleimhaut hohe, gegen ihren freien Rand sich verdickende Falten bildet (Textfig. 21 *a, S*). Um ihnen Halt zu verleihen, haben sich aus dem unterliegenden Bindegewebe Stützlamellen differenziert (Textfig. 21 *a, St*), die aus dichtfaserigem Gewebe bestehend sich an mit Boraxkarmin gefärbten Schnitten durch eine lebhaft rote Färbung sehr deutlich von ihrer Umgebung abheben. Auch diese Stützlamellen, die parallel zum Epithel verlaufen, sind rinnenförmig gekrümmt. Im Boden der Rinnen (Textfig. 21 *a, Fr*) am stärksten, verjüngen sie sich gegen den freien Rand der Siebfortsätze (Textfig. 21 *a, S*).

Auf Schnitten, welche in der Höhe des Kiemenbogenknochens (Textfig. 21 *b, Kn*), bevor sich die Epithelleisten von ihrer Unterlage ablösen, geführt sind, tritt ein neues histologisches Element auf. Während die faserigen Stützlamellen (Textfig. 21 *b, St*), besonders in ihren lateralen Partien, schwächer werden, entwickeln sich zwischen ihnen in der basalen Hälfte der Siebfortsätze (Textfig. 21 *b, S*) dünne Knochenplättchen (Textfig. 21 *b, Sk*), deren Basalscheibe durch eine breite Bindegewebslage (Textfig. 21 *b, B*) vom Kiemenbogenskelet (Textfig. 21 *b, Kn*) getrennt ist. Je mehr sich unsere Schnitte dem Ende der Leisten nähern, um so weiter dringen die Knöchelchen

gegen den Leistenrand vor, wobei sich ihre äußere Partie stark verdickt (Textfig. 21 *c*, *Sk*). In dieser Form gehen sie auch in die freien



Textfig. 21 *a-c*.

Drei Transversalschnitte durch einen Kiemenbogen von *Plecostomus Commersonii*. Vergr. 40 : 1. *a*, nahe der inneren Bogenkante, *b*, in der Höhe des knöchernen Kiemenbogens, *c*, nahe der Basis der Kiemenblättchen. *B*, parallelfaseriges Bindegewebe; *Fr*, Filterrinne; *G*, weitmaschiges Bindegewebe des Bogengrates; *Kb*, Kiemenbogenskelet; *Kf*, Kiemengefäße; *S*, Siebfortsätze; *Sk*, Knochen der Siebfortsätze; *St*, Stützlammellen der Siebfortsätze.

Enden der Siebfortsätze (Textfig. 21 *c*, *Sk*) über, lateral flankiert von dünnen bindegewebigen Stützlammellen (Textfig. 21 *c*, *St*).

Die oro-ösophageale Verbreitung dieses Filterwerkes ist sehr ausgedehnt, da nicht allein sämtliche Kiemenbogen mit Faltensäumen

belegt sind, sondern auch an der Kiemendeckelbasis (Textfig. 20 *Kd*) sich unmittelbar über der Opercularbranchie ein wohlentwickeltes Falten-system findet. Infolgedessen bleibt für die Ossa pharyngea wenig Platz. Ein kleines rauhes Plättchen repräsentiert jederseits das Os superius, wenige Zähne am Hinterrande der fünften Kiemenspalte deuten die Ossa inferiora an. Ihre starke Reduktion ist um so auffälliger, als mit ähnlich dichten Filtern stets dicke Polster auf den Ossa pharyngea superiora zum raschen Abpressen des Wassers vereinigt zu sein pflegen. Selbst *Callichthys*, dessen Filter bei weitem nicht so dicht ist als bei *Plecostomus*, besitzt sie. Bei *Plecostomus* hat die Natur einen andern Modus zur Beschleunigung der Wasserfiltration er-sonnen. Die beiden Schenkel jedes Bogens sind derart gegeneinan-der verschoben, daß beim Schließen des Rachens sich die Dorsal-schenkel (Fig. 7 *D*) in die ventralen Filterfurchen (Fig. 7 *F*) hineinlegen, wie die Klinge eines Messers in das Heft einschlägt, und das Wasser aus dem Rachen heraustreiben.

Cyprinidae.

(Tab. I, IV, VIII; Fig. 10—16.)

Das Kiemenfilter einiger Cypriniden habe ich bereits in meiner Studie über dieses Organ bei Süßwasserfischen geschildert. SUSTA (35) beschrieb das Kiemenfilter von *Cyprinus carpio*, POPTA (26) unter-suchte *Capoeta gotschaica*, *Barbus euphratistis* und *callensis*, *Leuciscus rutilus*, *Cyprinus erythrophthalmus* und *tinca*, *Abramis brama* und *Alburnus lucidus*. Durch erneute Untersuchungen konnte ich meine früheren Beobachtungen wesentlich erweitern.

Bei allen Cypriniden hat die Natur das Bestreben, die Kiemenspalten durch dichte Filter zu sperren, deren Bildung hauptsächlich den ventralen Bogenschenkeln zufällt, da die dorsalen durch Diffe-renzierungen des Gaumens verdeckt werden. Trotzdem ergeben sich mancherlei Differenzen. Bei *Squalius*, *Leuciscus*, *Cobitis* u. a. ist die filtrierende Fläche relativ klein. Die nur wenig gekrümmten Ventral-schenkel (Fig. 10 *V*) liegen fast horizontal und sind relativ kurz. Ihre Verbindung mit den Dorsalschenkeln (Fig. 10 *D*) erfolgt durch ein deutliches Winkelgelenk (Fig. 10 *W*). Andre Formen hingegen (*Cyprinus*, *Carassius*, *Abramis* usw.) besitzen große Filter. Da aber die dorsalen Bogenschenkel unter den Gaumenpolstern verborgen sind, geschieht die Vergrößerung der Filterfläche im Gegensatz zu *Pleco-stomus* durch Verlängerung der ventralen Bogenschenkel. Hand in Hand geht damit eine starke Krümmung dieser Bogenstücke (Fig. 13 *V*),

die halbkreisförmig anal-dorsal ansteigen. Dadurch wird ihre winkelige Verbindung mit dem dorsalen Schenkel fast ganz verwischt. Bei *Carassius* sind diese Modifikationen ins Extrem gesteigert.

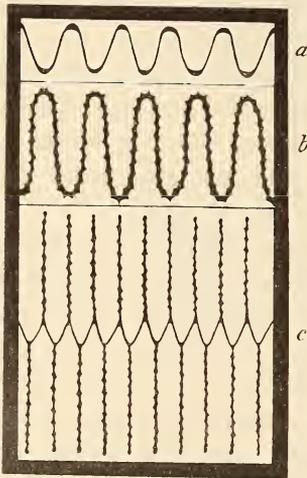
Die gröbere oder feinere Struktur hängt auf das engste mit Länge und Verlauf der Kiemenbogen zusammen. Bei *Leuciscus*, *Squalius*, *Cobitis* (Tab. I) usw. fügen sich relativ wenige, einfach gestaltete Siebfortsätze zu einem lockeren Siebwerk zusammen (Fig. 15). Andre Species dagegen besitzen dichtere Filter. Die meisten Siebfortsätze tragen *Carassius* und *Chondrostoma* (Tab. I).

Die Verengung des Filters erfolgt bald ausschließlich durch Vermehrung der Siebfortsätze (*Chondrostoma*), bald durch Steigerung ihrer Zahl und sekundäre Modellierung (*Tinca*, *Cyprinus*, *Abramis*, *Carassius*).

Die sekundäre Differenzierung der Siebfortsätze unterliegt großen spezifischen Schwankungen. Die kleinen Siebfortsätze von *Barbus fluviatilis* (Fig. 11) sind konisch zugeschnitten, so daß die Kanten jedes Kiemenbogens von innen betrachtet, wie eine Säge gekerbt erscheinen. Die Fortsätze der einzelnen Bogen schieben sich mit ihren glatten Flächen so eng ineinander, daß nur in den Winkeln zwischen den Siebfortsätzen kleine Löcher für den Durchtritt des Wassers frei bleiben (Textfig. 22 a). Auch bei *Squalius* sind die Siebfortsätze einfach gestaltet und stehen als seitlich komprimierte, dreieckige Vorsprünge in lockerer Anordnung an beiden Bogenkanten.

Die Formwandlungen, welche die Siebfortsätze der übrigen Cypriniden erleiden, vollziehen sich in zwei Richtungen.

Im einfachsten Falle, z. B. bei *Cobitis* und *Alburnus*, besitzt die Innenfläche der Siebfortsätze ein feingerauhtes Aussehen. Stärker tritt dies bei *Tinca* hervor. Bei ihr treibt



Textfig. 22.

Diagramme des Spaltenverschlusses bei Cypriniden. a, *Barbus vulgaris*, b, *Cyprinus carpio*, c, *Carassius vulgaris*.

die innere Schmalkante der seitlich stark komprimierten Fortsätze zahlreiche Knötchen, welche ein seitlich wenig vorspringendes, gebuckeltes Polster bilden. *Cyprinus* und *Carassius* zeigen diese

Differenzierung in stärkerer Entwicklung. Beim Karpfen (Fig. 12) fallen die Siebfortsätze als dreieckige, seitlich stark komprimierte Platten auf, die den Kiemenbogen mit breiter Basis ansitzen. Ihre mediale, in die Rachenhöhle schauende Schmalkante ist polsterartig verbreitert. Der Epithelüberzug dieses Polsters bildet, besonders am Polsterrande, zahlreiche stecknadelkopfförmige Erhebungen, die demselben ein gebuckeltes Aussehen verleihen und seine Randkontur tief eingekerbt erscheinen lassen (Textfig. 22 b). Da die Siebfortsätze benachbarter Kiemenbogen ineinander greifen, werden die Spalten zwischen den Siebfortsätzen durch die sich berührenden peripheren Vorwölbungen der Polster in ein unregelmäßiges Lückensystem verwandelt (Textfig. 22 b).

Carassius (Fig. 14) besitzt unter allen Cypriniden das dichteste Filter. Die Siebfortsätze, nach der gleichen Grundform gebaut wie bei *Cyprinus*, sind lang und so dicht gestellt (Textfig. 22 c), daß sie in ihrer Gesamtheit eine über den vorderen und hinteren Kiemenbogenrand vorspringende Platte zu bilden scheinen. Dadurch, daß die aneinander stoßenden Ränder der Siebfortsätze einer Kiemenbogenkante, wie bei andern Cypriniden zierlich gebuckelt sind, entsteht zwischen den Siebfortsätzen ein unregelmäßiges, aber äußerst feines Porensystem, das selbst die kleinsten Futterpartikelchen in der Rachenhöhle zurückhalten muß. Die seihende Oberfläche dieses Filterapparates ist in sinnreicher Weise vergrößert. Die Kiemenbogen liegen weit auseinander, so daß nur die konisch zugeschnittenen Spitzen der Siebfortsätze (Textfig. 22 c) ineinander greifen. Vergleicht man die Kiemenspaltdiagramme in Textfig. 22 b und c, so ist leicht einzusehen, daß schon durch diese Anordnung die Fläche des Kiemensfilters von *Carassius* gegenüber *Cyprinus* um das Doppelte vergrößert wird. Eine weitere Steigerung erfährt sie durch die eigentümliche Stellung der Siebfortsätze. Sie liegen nicht in einer Ebene, sondern ragen derart in die Rachenhöhle hinein, daß die vorder- und hinterständigen Vorsprünge je zweier Kiemenbogen convergieren und, indem sie mit den Spitzen ineinander greifen, Falten bilden (Fig. 14), die bogenförmig die laterale Rachenwand umziehend den Zugang zu den Kiemenspalten versperren. Der Siebapparat von *Carassius* gleicht demnach ebenso wie bei *Plecostomus* täuschend einem Faltenfilter, aber während bei *Plecostomus* die Falten zwischen den Kiemenspalten verlaufen, liegen sie bei *Carassius* vor ihnen.

Etwas anders sind die Siebfortsätze von *Leuciscus*, *Chondrostoma*, *Abramis*, *Blicca* u. a. gestaltet. Bei ihnen erstreckt sich die Polsterung

der medialen Fortsatzkante wie bei *Callichthys* (Textfig. 19) nicht bis an das distale Ende der Siebfortsätze, so daß die Spitzen derselben frei in den Rachenraum vorragen. Bei *Leuciscus* (Fig. 15) ist das Polster nur schwach entwickelt und die Spitze der locker gestellten Siebfortsätze sehr fein. *Chondrostoma* hingegen zeichnet sich durch zahlreiche, dicht gedrängte Fortsätze aus, deren Polster nicht horizontal von den Kiemenbögen abgehen, sondern sehr stark gegen die Kiemenblättchen geneigt sind. Ihre freien Spitzen sind aber gegen die Rachenhöhle gekrümmt. Bei *Abramis* (Fig. 16), mit dem *Blicca* übereinstimmt, laden die Polster breit nach den Seiten aus, berühren sich aber nicht, da die Siebfortsätze weiter stehen als bei *Cyprinus*. In die dadurch entstehenden Lücken schieben sich die Spitzen gegenüberliegender Siebfortsätze hinein.

In oro-ösophagealer Richtung verbreiten sich die Siebfortsätze aller Cypriniden über sämtliche verfügbare Bogenkanten. Ein wechselndes Verhalten zeigen nur die vorderständigen Siebfortsätze des ersten Kiemenbogens. In der Regel schwächlich und durch den Druck des Kiemendeckels deformiert fehlen sie bei *Cobitis* ganz, während sie bei *Alburnus* zu langen Stacheln ausgewachsen sind.

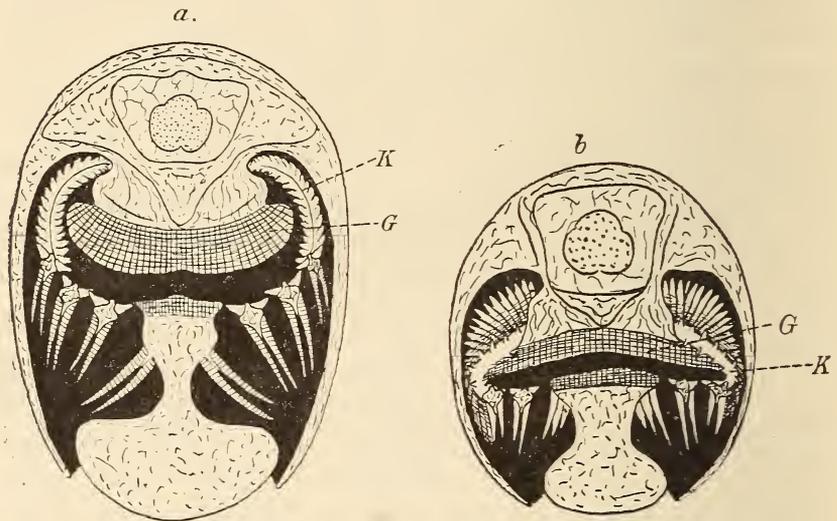
Es leuchtet ein, daß der feine Verschuß der Kiemenspalten das rasche Filtrieren des Atemwassers außerordentlich erschweren würde, wenn nicht Einrichtungen vorhanden wären, welche das Wasser durch die Kiemen hindurch treiben. Unzweifelhaft dient dazu ein dickes muskulöses Polster, das der Schädelbasis innerhalb des Kiemerkorbes anliegt. Über die Bedeutung dieses Organs waren die Ansichten bisher sehr geteilt. HEINCKE (13, S. 514) erwähnt beiläufig, daß die Mucosa der Schlunddecke am Eingange in die Kauhöhle ein stark muskulöses Polster bildet, welches höchst wahrscheinlich einen vollständigen Abschluß der letzteren nach dem Kiemenapparat herbeiführen könne. GÜNTHER (12) deutet das Polster als Geschmacksorgan, da er im Gewebe desselben zahlreiche Nerven erkannte. Eine merkwürdige Erklärung gibt SUSTA (35), deren Verständnis durch die unbeholfene Darstellung sehr erschwert wird. Er schreibt: »Der obere und innere Teil der Schädelhöhle breitet sich mächtig und gewölbt aus. Ein Wulst von äußerst zartem und lockerem Gewebe hat hier seinen Sitz. Obwohl diese Fleischmasse ziemlich gespannt und resistent ist, gibt sie dennoch im ganzen, wie in ihren einzelnen Partien dem Druck fremder Körper, an welche sie sich anschmiegt, nach und dringt so innig in deren Öffnungen ein. Beim Schließen des Maules schmiegt sich das Polster so innig in alle Öffnungen des

Kiemenapparates ein, daß es schließlich in dem ganzen Maul keine Lücke gibt, welche die sich anschmiegende, elastische Masse des Gaumenwulstes nicht ausgefüllt hätte. Es ist klar, daß sich auf diese Weise eine so ausgezeichnete Klappe bildet, wie man sie sich gegenüber der äußeren Einwirkung in der Richtung gegen die Kiemenöffnungen und den Schlund nicht besser denken kann. Sobald sich diese Klappe anlegt, ist jede Verbindung der Teile nach außen unterbrochen. Wenn nun in einem solchen Falle der Fisch den Rüssel ausstreckt, muß in das Innere dieser wasser- und luftleeren Röhre alles eindringen, was die Mundöffnung umschließt.* Wenn ich diese Schilderung richtig verstehe, so will SUSTA das Gaumenpolster als eine Art Ventil angesehen wissen, das die Mund- und Rachenhöhle caudal absperren soll, damit beim Öffnen des Mundes, wie in einem Heber, Wasser und feste Substanzen eindringen können. SUSTA übersieht dabei aber meines Erachtens, daß beim Öffnen des Mundes sich auch der Rachenboden vom Gaumenpolster entfernt, so daß es unmöglich als Verschuß wirksam sein kann. Ein derartiger Verschuß wird dadurch bewirkt, daß nach Entleerung des Rachenraumes der weiche Kiemendeckelrand durch den Druck des umgebenden Wassers an die Körperwand angepreßt wird. Wenn das Polster wirklich den Wert hätte, den SUSTA ihm zuerkennt, so ist es doch merkwürdig, warum es den meisten Fischen fehlt.

Auch als Geschmacksorgan können wir das Polster nicht auffassen. Wie ich bereits früher geschildert habe, ist es aus quergestreiften Muskelfasern zusammengesetzt, die in lockerer Anordnung senkrecht und parallel zur Schleimhaut verlaufen. Die Lücken zwischen den Muskelzügen sind in der dem Epithel zunächst liegenden Partie durch dichtes fibrilläres Bindegewebe, gegen die Schädelbasis zu durch Fettgewebe ausgefüllt. Zahlreiche nach allen Seiten ausstrahlende Nervenäste durchsetzen das Polster. Ihre Endfasern treten mit Sinnesorganen in Verbindung, die in großer Zahl in der Schleimhaut liegen. Wenn diese Nervenendapparate auch vielleicht Geschmackswahrnehmungen vermitteln, so darf man das Polster doch noch nicht als Geschmacksorgan ansprechen, da die gleichen Sinnesorgane in der ganzen Mund- und Rachenhöhle verbreitet sind, ja sogar außen in der Epidermis des Kopfes, besonders zahlreich um den Mund herum, auffallen. Ich glaube, daß meine oben gegebene Deutung den funktionellen Wert des Gaumenpolsters viel besser trifft. Es dient in erster Linie zur Beschleunigung der Wasserfiltration, indem es sich bei geschlossenem Munde den Kiemenbogen so innig

anschmiegt, daß man an konservierten Fischen nicht selten die Eindrücke der Siebfortsätze in das Polster wahrnimmt. Dabei wird sicherlich die Wirksamkeit des Polsters durch die Kontraktionen seiner Muskelzüge wesentlich erhöht. Ein ähnliches, aber weit schwächeres Polster sah ich als schmalen Kamm auf den Copulae der drei letzten Kiemenbögen. Durch die wellenförmigen Kontraktionen beider Polster werden wahrscheinlich die vom Wasser befreiten Nahrungsteilchen an den hinter dem Kiemenkorbe gelegenen Kauapparat befördert¹.

Nach SUSTA kommt das Gaumenpolster nicht allen Cypriniden zu. Bei *Scardinius erythrophthalmus*, *Leuciscus rutilus* und *Squalius*



Textfig. 23.

a, Querschnitt durch den Kopf von *Cyprinus carpio*. $\frac{2}{3}$ nat. Größe. b, von *Squalius cephalus*. Nat. Größe. G, Gaumenpolster; K, Kiemenbögen.

cephalus soll es fehlen und die Rachendecke nur mit einer starken Membran bekleidet sein. SUSTA bringt diesen Befund mit der herbivoren Lebensweise und dem weitmaschigen Filter dieser Fische in Zusammenhang. Letzteres trifft zwar zu, aber das Fehlen des Gaumenpolsters kann ich nicht bestätigen. Alle von mir untersuchten Cypriniden besitzen es, bei *Leuciscus* und *Squalius* jedoch verhält es sich zu seiner Umgebung anders als bei *Cyprinus*, *Abramis*, *Carassius* usw. Bei letzteren setzt es sich als ein stark in die Rachenhöhle vorspringendes Kissen (Textfig. 23 a, G) deutlich vom

¹ Siehe ZANDER (39) S. 245.

umgebenden Epithel ab. Das Gaumenpolster von *Leuciscus*, *Squalius* und wahrscheinlich auch *Scardinius*, den ich nicht untersuchte, dagegen verstreicht ganz allmählich in das benachbarte Rachen- und Mundhöhlenepithel (Textfig. 23 b, G) da es auch vielleicht nicht ganz so hoch sein mag, fällt es bei diesen Species wenig auf. Sein differentes Verhalten ist nun aber weder durch die Nahrung noch durch die wechselnde Beschaffenheit des Filters, sondern einzig und allein durch die Form des Rachenraumes bedingt. Bei *Cyprinus*, *Carassius*, *Abramis* und allen Cypriniden mit kissenförmigen Gaumenpolstern steigen die ventralen Bogenschenkel (Fig. 13 v) mit starker lateraler Krümmung gegen den Gaumen an und umspannen eine stark gewölbte Höhlung (Textfig. 23 a). Der Rachenraum von *Leuciscus* und *Squalius* (Fig. 10, Textfig. 23 b) aber ist infolge der winkeligen Knickung der Kiemenbogen dorsoventral abgeflacht. Daher ist der Abstand der filtrierenden Fläche vom Gaumen bei *Cyprinus* usw. viel beträchtlicher als bei *Squalius* und *Leuciscus* (Textfig. 23). Es würde also bei ersteren der Siebboden des Rachens dem Gaumen nicht angelegt und der Inhalt des Rachens nicht vollständig abgepreßt werden können, wenn das Gaumenpolster sich nicht über die Rachenschleimhaut erhebe, während die flachere Rachenhöhle von *Leuciscus* und *Squalius* dies ohne weiteres gestattet.

4. Apodes.

(Fig. 38.)

Bei *Anguilla vulgaris*, *Conger vulgaris* und *Muraena helena* habe ich keine Spur von Siebfortsätzen entdecken können. Infolgedessen hat sich auch der innere Bogengrat nicht differenziert, so daß die Innenkante der Kiemenbogen vollkommen glatt ist. Die Kürze der Kiemenspalten läßt das Fehlen der Siebfortsätze verständlich erscheinen. Bei *Anguilla* und *Conger*, deren Kiemenspalten relativ lang sind, bilden die Kiemenbogenränder, besonders im Bogenwinkel, saumartige Falten, die ein innigeres Anschmiegen der Kiemenbogen ermöglichen. Die Rachenwand von *Muraena helena* durchbrechen nur winzige ovale Löcher, die keines sekundären Schutzes bedürfen.

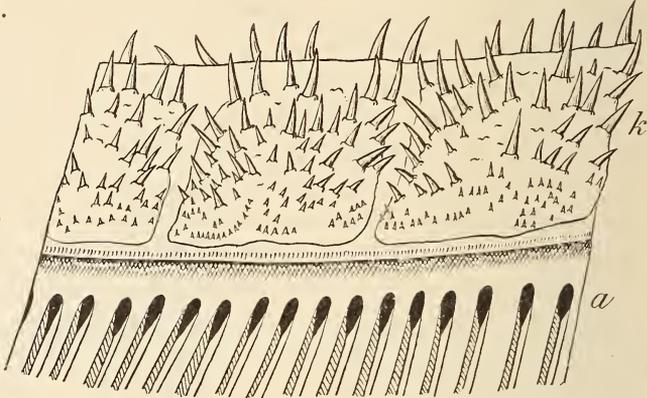
Die Mundränder und der Vomer sind in spezifischer Weise mit Zähnen besetzt. Charakteristisch ist für alle Apodes die Reduktion der Ossa pharyngea superiora auf ein Paar, die ebenso wie die Ossa pharyngea inferiora eine schmale, langgestreckte Gestalt besitzen.

Diese Befunde stimmen mit den Angaben von POPTA (27), der den Kiemenbogen der Muränen eine ganze Abhandlung widmete,

überein. Allerdings sehe ich von dem hinterständigen glatten Fortsatz, den POPTA am ventralen Ende des ersten und zweiten Kiemenbogens bei *Conger* und *Muraenesox* gefunden hat, bei meinem Exemplare von *Conger* nichts.

5. Haplomi.

Esox lucius (Textfig. 24), den ich bereits vor 3 Jahren untersuchte, ist durch die Differenzierung des Mund- und Rachenhöhlenreliefs auf den ersten Blick als arger Räuber charakterisiert. Gegenüber



Textfig. 24.

Stück eines Kiemenbogens von *Esox lucius*. Vergr. 10:1. a, Kieme; k, Basalscheiben der Siebfortsätze.

dem spärlich bezahnten Prämaxillare trägt das Dentale lange, scharfe Zähne, deren Länge gegen die Kieferspitze abnimmt. Auch Vomer und Palatina sind in ihrer ganzen Ausdehnung mit nach hinten umklappbaren Zähnen besetzt.

Die Ränder der langen, über das Bogengelenk vordringenden, Kiemenpalten deckt eine gedrängte Reihe ganz flacher, nahezu quadratischer Platten, auf deren Oberfläche scharfe, gegen den Bogenrat an Länge zunehmende Zähne stehen. Mangels ausreichenden Vergleichsmaterials habe ich, wie auch POPTA, seinerzeit diese Knochen-scheiben als selbständige Bildungen den Siebfortsätzen gegenüber gestellt. Als Fortsätze kann man diese Gebilde auch kaum ansprechen. Trotzdem möchte ich sie entgegen meiner früheren Auffassung den Siebfortsätzen anderer Teleosteer homologisieren, nachdem ich mich an vielen Beispielen überzeugt habe, daß es zwischen frei vorragenden Fortsätzen und flachen Scheiben alle erdenklichen Übergänge

gibt. Auch die Zähneplatten von *Esox* werden wir am besten als sehr breit entwickelte Basalplatten von Siebfortsätzen deuten, deren distaler Kopf nicht zur Ausbildung gelangte.

6. Catosteomi.

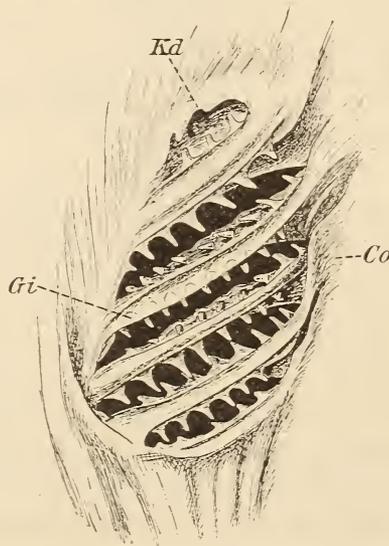
(Tab. II, IV, X; Textfig. 25.)

Die Filter der untersuchten Species sind nach zwei verschiedenen Typen gebaut, die Gasterosteidae besitzen ein lockeres dimorph-monacanthes Filter, das ausschließlich auf die ventralen Bogenschenkel beschränkt ist (Tab. X, 2) und keine bemerkenswerten Besonderheiten aufweist.

Interessanter ist das Relief der inneren Kiemenbogenkanten bei den

Syngnathidae (Textfig. 25)

Syngnathus und *Hippocampus* zeigen große Übereinstimmung im Bau des Kiemenfilters. Öffnet man den Rachen nach Entfernung der Schädelkapsel vorsichtig von der Dorsalseite her, so erscheint sein ventral-lateraler Teil jederseits von der wulstig vorspringenden Copularzone (Textfig. 25 *Co*) seicht muldenartig vertieft. Die Wand dieser Mulde wird von fünf kurzen Schlundspalten durchbrochen, unter denen besonders die erste durch ihre starke Reduktion auffällt. Von den Kiemenbogen sind nur die Ventralschenkel frei, deren Innenkante ein hoher nach hinten überhängender Grat (Textfig. 25 *Gi*) krönt. Zu den Siebfortsätzen hat er aber keine Beziehungen, da sie viel tiefer von der Bogenwand entspringen.



Textfig. 25.

Linke Hälfte des Kiemenkorbes von *Hippocampus*.

Vergr. 20 : 1. *Co*, Copulae; *Gi*, Bogengrat;

Kd, Kiemendeckel.

Die Siebfortsätze stehen in biserial-symmetrischer Anordnung an sämtlichen Kiemenpaltenrändern. Selbst der Kiemendeckel (Textfig. 25 *Kd*) treibt einige Vorsprünge. Als glatte, konische Spitzen ragen sie mehr oder weniger steil in den Rachenraum hinein.

Mit der Verengung der Schlundspalten harmonisiert die Differen-

zierung der übrigen Teile der Kopfdarmhöhle, denn Zähnechen sind weder am Mundrande noch vor der Schlundpforte vorhanden.

7. Peresoces.

(Tab. II, IV, X; Fig. 27, 28.)

Wenn ich von den Anabantidae, welche ich später mit den Osphromenidae zusammen behandeln will, absehe, begegnen uns unter den Peresoces nur dimorphe Filtertypen.

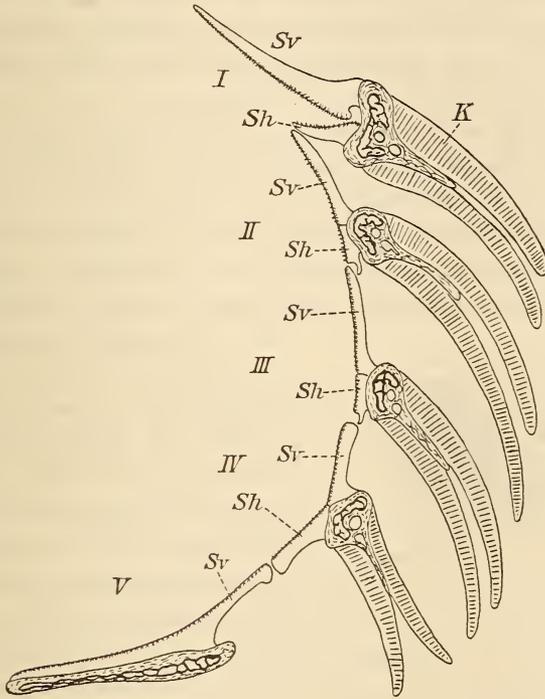
Die Scomberesocidae (*Belone*, *Exocoetus*) besitzen dimorph-monacanth Filter von geringer Dichte und Oberflächengröße (Tab. II, IV, X₁), welche an die bei Acanthopterygii häufig wiederkehrenden Verhältnisse erinnern und bereits von meinen Vorgängern beschrieben worden sind. Ihre Bildung fällt infolge der starken Entwicklung der Ossa pharyngea superiora fast ganz den ventralen Bogenschenkeln zu (Tab. X₁). Die Zahl der Ossa pharyngea superiora ist auf zwei Paar reduziert, von denen bei *Belone* und *Exocoetus* das hintere längere und stärkere Zähne als das vordere trägt. Die Ossa pharyngea inferiora bilden eine einheitliche dreieckige Platte, welche den Raum zwischen den beiden letzten Kiemenpalten vollständig bedeckt. Auch ihr Zahnbesatz nimmt gegen den Schlund an Größe und Höhe der einzelnen Zähne zu.

Die Kiemenfilter der Ammodytidae und Mugilidae gehören dem dimorph-polyacanth Typus an, denn sie tragen an den drei ersten Kiemenbogen lange vorderständige Stacheln. Bei *Ammodytes tobianus* (Tab. II, IV, 34) sind die drei ersten Kiemenbogen mit langen gezähnelten Stäbchen bewehrt, die am vierten Bogen zu niedrigen glatten Vorsprüngen zusammenschrumpfen. Die Hinterkanten bleiben glatt mit Ausnahme der des dritten Bogens, welche den vorderständigen ähnliche Fortsätze trägt. Die Zahl der Siebfortsätze ist nicht groß und ihre Verbreitung im Rachenraum beschränkt (Tab. IV, 34), da die zweite bis fünfte Kiemenpalte fast ganz bodenständig sind und die fünfte jeden Schutzes entbehrt.

Mugilidae (Fig. 27 und 28).

Auch bei *Mugil cephalus*, dessen Filter schon von TROSCHEL, GÜNTHER, POPTA und STEUER kurz beschrieben worden ist, prädominieren die vorderständigen Siebfortsätze der drei ersten Kiemenbogen (Textfig. 26 I—III). Mehr als diese Eigentümlichkeit springt jedoch die gedrängte Anordnung der Siebfortsätze und die enorme Vergrößerung der Filterfläche in die Augen. Wie ich später

schildern werde, erfordert die Lebensweise der Meeräsche einen sehr engen Kiemenspaltenverschluß, den die Natur genau wie bei *Carassius* usw. durch starke Verschmälerung und Vermehrung der Siebfortsätze erreicht. Die Form der Siebfortsätze ist an allen Kiemenbögen im Prinzip gleich. Sie bilden (Textfig. 26 *S*) dünne, messerförmige Plättchen, deren Breitseite nahe der Innenkante mit zahlreichen gegen die Rachenhöhle gerichteten Zähnchen besetzt ist.



Textfig. 26.

Transversalschnitt durch die rechte Hälfte des Kiemenkorbes von *Mugil cephalus*. Vergr. 3:1.

K, Kiemensplättchen; *Sh*, hinterständige, *Sv*, vorderständige Siebfortsätze; *I*–*V*, Kiemenbögen.

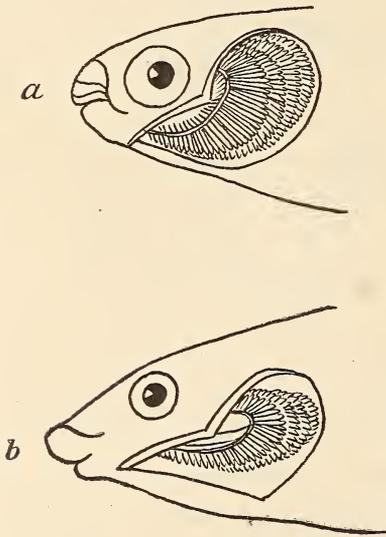
Differenzen ergeben sich hauptsächlich aus der Länge der vorder- und hinterständigen Siebfortsätze an den einzelnen Bögen. Am ersten Kiemenbogen (Textfig. 26 *I*) erreichen die hinterständigen Fortsätze (*Sh*) etwa $\frac{1}{3}$ der Länge der vorderständigen Vorsprünge (Textfig. 26 *I Sv*). An den beiden nächsten Bögen (Textfig. 26 *II* und *III*) sind sie etwa $\frac{1}{2}$ so lang. Infolgedessen fällt in diesem Bezirk des Kiemenkorbes der Spaltenverschluß vorzüglich den Fortsätzen der vorderen Bogenkanten zu, während an den beiden letzten Bögen sich beide Plättchenreihen gleichmäßig am Filtersystem beteiligen (Textfig. 26 *IV* und *V*).

Ihre Zahl ist sehr groß. Am zweiten Kiemenbogen stehen auf jedem Millimeter vier, am vierten Bogen fünf Plättchen, so daß der Besatz jedes Bogens um 150 schwankt.

Die Vergrößerung der filtrierenden Fläche wird einmal, wie bei *Carassius*, dadurch erzielt, daß die Kiemenbogen auseinander rücken und die Siebfortsätze sich nur mit den Spitzen berühren (Textfig. 26). Ferner ist bei *Mugil* das fünfte Bogenpaar in zwei muldenförmig gehöhlte Platten (Fig. 27 V, Textfig. 26 V) umgewandelt, über deren konkave Innenfläche die Siebfortsätze als schmale Leisten hinziehen (Textfig. 26 V, Sv), so daß das Epithel von einem feinen Rinnensystem durchfurcht wird, genau wie bei *Plecostomus*.

Hiermit nicht zufrieden trachtet die Natur, das Filter durch Verlängerung der Bogen und Spalten in dorso-ventraler Richtung zu vergrößern. Dabei bieten sich ihr aber große Schwierigkeiten. Um durch das dichte Filter das Wasser rasch hindurchzutreiben, sind die Ossa pharyngea superiora (Fig. 27 Os) in mächtige weiche Polster verwandelt, deren Oberfläche mit feinen hornigen Papillen bedeckt ist. Ihre Ausbildung hindert die

Ausdehnung der Spalten über die Bogenwinkel hinaus. Die freien Stücke der dorsalen Bogenschenkel sind minimal klein. Trotzdem sind die Kiemenspalten und -Bogen bei *Mugil*, wie die Außenansicht des Kiemenkorbes in Fig. 28 deutlich erkennen läßt, sehr lang, weil sich die Ventralschenkel (Fig. 28 V) kolossal gestreckt und lateral-dorsal aufgekümmert haben. Die Länge des ersten Ventralschenkels beträgt 33 mm; bezogen auf die seitliche Kopflänge (65 mm) resultiert als Quotient 1,8. Bei *Zoarces* dagegen mit grobem Filter beträgt er beispielsweise 2,8. Die starke Krümmung der verlängerten Ventralschenkel, welche eine seitliche Ausbuchtung der



Textfig. 27.

Seitenansicht des Kiemenkorbes nach Entfernung des Kiemendeckels: a, von *Mugil cephalus*. b, von *Zoarces viviparus*. Nat. Größe.

Rachenhöhle zur Folge hat (Fig. 27), wirkt modifizierend auf die Stellung der Siebfortsätze. Während die beiderseitigen Fortsätze des

ersten Bogens (Textfig. 26 *I*) unter einem sehr spitzen Winkel auf der inneren Bogenkante stehen, sind die hinterständigen Siebfortsätze des zweiten und dritten Kiemenbogens (Textfig. 26 *II* und *III Sh*) so weit gegen die Insertionslinie der Kiemenblättchen heruntergedrückt, daß sie mit den Vorderständigen (*Sv*) einen gestreckten Winkel bilden. Von den beiden letzten Bogen (Textfig. 26 *IV* und *V*) dagegen springen sie nahezu horizontal vor.

Auch am unverletzten Kopfe macht sich die lateral-dorsale Biegung der Kiemenbogen in der Verbreiterung der Occipitalregion bemerkbar. Die dorsale Partie des Kiemendeckels ist aufgetrieben. Schneidet man den Kiemendeckel weg, so sieht man sehr deutlich (Textfig. 27), daß die Kiemendeckelhöhle sich bei *Mugil* dorsalwärts weiter ausbuchtet, als bei andern Teleosteen, um Raum für die stark gekrümmten Kiemenbogen zu schaffen. Zieht man am oberen Rande der Kiemendeckelhöhle eine Linie parallel zur dorsalen Schädelwand, so fällt ihre Verlängerung z. B. bei *Zoarces* (Textfig. 27 *b*) ungefähr mit dem unteren Augenrand zusammen, bei *Mugil* (Textfig. 27 *a*) trifft sie den oberen Augenrand.

8. Anacanthini.

(Tab. II, V, 1—11, IX; Fig. 4, 5, 17, 20—22.)

Gadidae.

Zu den drei Paar Ossa pharyngea superiora gesellt sich regelmäßig lateral an der vorderen Kante des dritten Dorsalschenkels ein kleines schmal-ovales Knochenplättchen. Die starke Entwicklung der Ossa pharyngea superiora verhindert das Auftreten zahlreicher Siebfortsätze an den dorsalen Bogenschenkeln (Tab. IX). Ihre Anlage erfolgt hauptsächlich an den Ventralschenkeln (Fig. 17 *V*), die so sehr gestreckt sind, daß sie die Dorsalschenkel um das drei- bis fünffache (im Mittel 3,8, Tab. IX) übertreffen. Mit Ausnahme von *Gadus merlangus* findet die oro-ösophageale Verbreitung der Siebfortsätze bereits an der vorderen Kante des vierten Kiemenbogens ihre Grenze (Tab. V, 1—11). Zur Differenzierung dichter Filter kommt es niemals. Die roh geformten Fortsätze sind wenig zahlreich und locker geordnet (Tab. II). Der biserial-symmetrische Filtertypus tritt vor den dimorphen Varianten sehr zurück. Unter den von mir untersuchten Species zeigen ihn nur *Motella mustela*, *Raniceps raninus*, *Lota molva* und *vulgaris*. Bei ihnen ist die vordere und hintere Kante der Kiemenbogen mit gezähnelten Warzen belegt, deren feinere Modellierung spezifischen Variationen unterliegt. Schon bei ober-

flächlicher Betrachtung fällt auf, daß sich bei *Lota molva* (Fig. 4) und *vulgaris* die Siebfortsätze vom Bogenwinkel bis an das ventrale Ende der Bogen ausbreiten, während sie bei *Motella* und *Raniceps* (Fig. 5) besonders an den Vorderkanten gegen die Copulae allmählich verkümmern. Ihre Form ist für jede Species charakteristisch. *Motella* zeichnen winzige, höchstens 0,5 mm hohe Wärzchen aus, *Raniceps* besitzt an der vorderen Kante des ersten Bogens kurz gestielte Knöpfe, während sie an der Rückseite niedrig bleiben. Auch an den übrigen Bogen erreichen die vorderständigen Höcker stets eine stärkere Entwicklung als die hinterständigen, ohne jedoch ihre Form zu ändern (Fig. 5). Die Zähne, welche die Oberfläche der Siebfortsätze bedecken, sind an der dem Rachenraum zugekehrten Seite stets länger als an andern Stellen. Als flache, scheibenförmige Gebilde, deren Zahnbesatz gegen den wenig markierten Bogengrat an Länge zunimmt, fallen die Siebhöcker von *Lota molva* (Fig. 4) auf. Bei *Lota vulgaris* treten sie mehr über die Bogenfläche hervor und sind besonders am ersten Bogen durch eine basale Einschnürung vom Kiemenbogen abgegliedert.

Die Filter der übrigen Gadiden (*Gadus merlangus*, *minutus*, *aeglefinus*, *virens*, *morrhua*, *Phycis blennoides*, *Merluccius vulgaris*) gehören dem dimorph-monacanthen Typus an (Fig. 20, 21, 22). Die vorderständigen, schmal messerförmigen Stacheln des ersten Kiemenbogens erstrecken sich meistens über die ganze Bogenlänge. Nur bei *Merluccius vulgaris* bleiben sie auf die größere laterale Hälfte des ventralen Bogenschenkels beschränkt, während die Bogenenden mit flachen Zähnenplatten belegt sind. Die Länge der vorderständigen Stacheln schwankt nur in engen Grenzen. Sie beträgt bei:

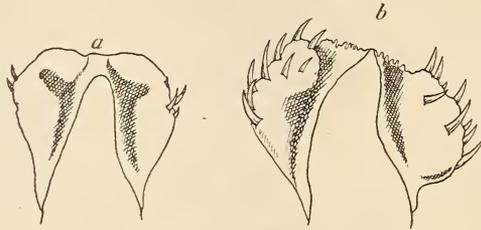
	Absolut	Relativ
<i>Gadus merlangus</i>	7	9,1
<i>Gadus minutus</i>	3	9,7
<i>Gadus aeglefinus</i>	5,5	6,7
<i>Gadus virens</i>	18	5,9
<i>Gadus morrhua</i>	5,5	9,3
<i>Merluccius vulgaris</i>	13	8,3.

Relativ am längsten sind sie also bei *Gadus aeglefinus* und *virens* (Fig. 21, 22). Der größeren Länge entspricht eine höhere Zahl (Tab. II). Der erste Kiemenbogen von *Gadus aeglefinus* trägt 29, *Gadus virens* 38 Siebfortsätze, während ihre Zahl bei den übrigen Species zwischen 11 und 26 variiert. Bei *Gadus aeglefinus*, *virens*,

morrhua und *Phycis blennoides* ist ihre Innenkante vollkommen glatt und zahnlos; *Gadus merlangus*, *Gadus minutus* und *Merluccius vulgaris* besitzen Zähnchen auf der medialen Schmalkante der Siebfortsätze.

Im Gegensatz zu den langen Fortsätzen sind die kurzen stets bezahnt. Die Höcker von *Gadus aeglefinus* (Fig. 21) erscheinen, von der Rachenhöhle aus betrachtet, glatt, da die spärlich vorhandenen Zähnchen auf die äußere Fläche der Siebfortsätze (Textfig. 28 a) beschränkt sind. Die Form der höckerförmigen Fortsätze unterliegt natürlich spezifischen Variationen. In der Regel sind sie seitlich komprimiert (Fig. 20, 22).

Bei *Gadus merlangus*, *minutus* und *morrhua* (Fig. 20) mäßig zusammengedrückt, bilden sie bei *Gadus virens* (Fig. 22) dünne Platten. Bei *Gadus aeglefinus* (Fig. 21) haben sie eine mehr stumpfkönische Form; die runden stark bezahnten



Textfig. 28.

Kurze Siebfortsätze: a, von *Gadus aeglefinus*, b, von *Gadus merlangus*. Vergl. 7:1.

Warzen von *Merluccius vulgaris* heben sich von dem schwarz pigmentierten Kiemenbogen sehr deutlich ab. Charakteristisch ist für diese Species ferner der dichte Belag von Knochenplättchen, welche den Zwischenraum zwischen den Siebfortsätzen und Kiemenblättchen an allen Kiemenbogen bedecken.

9. Acanthopterygii.

(Tab. III, V, X; Fig. 2, 3, 18, 19, 23—25.)

Ogleich sich die dorsalen Bogenschenkel in wechselndem Grade an der Bildung des Filters beteiligen, breitet es sich doch hauptsächlich im Bereiche der Ventralschenkel aus (Tab. X), weil die stets mächtig entwickelten Ossa pharyngea superiora dem Durchbruch dorsaler Spaltenteile sehr hinderlich sind. Abgesehen von einigen isolierten Typen läßt das Kiemenfilter der Acanthopterygii nach Form und Anordnung der Siebfortsätze eine bemerkenswerte Gleichförmigkeit erkennen. Hinsichtlich der Häufigkeit ihres Vorkommens halten sich der biserial-symmetrische und der dimorph-monacanthé Filtertypus das Gleichgewicht. Ohne feste Regel treten sie in vielen Familien nebeneinander auf.

Dem biserial-symmetrischen Typus gehören die Filter folgender Species an:

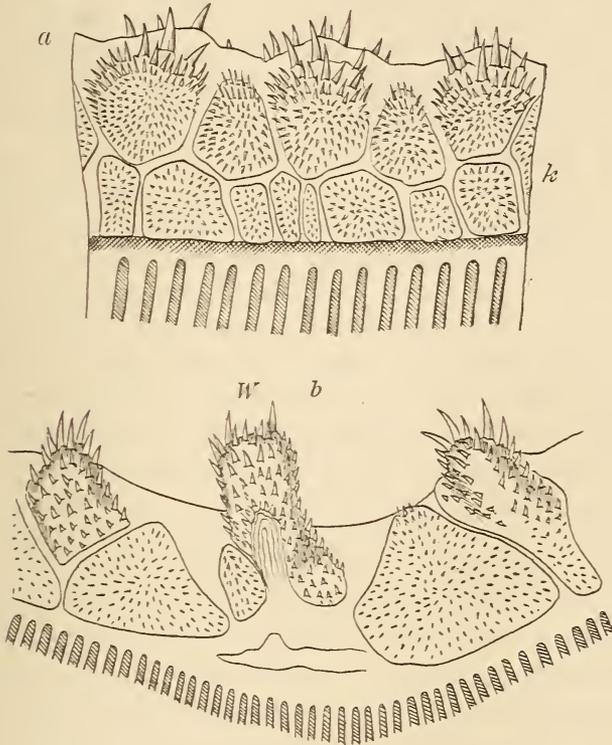
Percidae:	<i>Lucioperca sandra</i> <i>Acerina cernua</i>
Scorpaenidae:	<i>Scorpaena scrofa</i>
Zeidae:	<i>Zeus faber</i>
Batrachidae:	<i>Batrachus spec.</i>
Cottidae:	<i>Cottus scorpius</i> und <i>bubalus</i>
Cataphracti:	<i>Agonus cataphractus</i>
Gobiidae:	<i>Gobius niger</i> <i>Callionymus lyra</i>
Zoarcidae:	<i>Zoarces viviparus</i>
Labyrinthici:	<i>Anabas scandens</i> <i>Spirobranchus capensis</i> <i>Polyacanthus (Macropodus)</i> <i>Ospromenus trichopterus.</i>

Bei der Mehrzahl dieser Species (*Acerina*, *Scorpaena*, *Zeus*, *Batrachus*, *Cottus*, *Agonus*, *Gobius*, *Zoarces*, *Anabas* und *Spirobranchus*) bietet das Kiemenfilter wenig interessante Züge. Die Bogenkanten treiben wenige niedrige Warzen von rundlicher oder seitlich komprimierter Form (Fig. 2s), die mit Ausnahme von *Zoarces* Zähnechen in spezifisch wechselnder Anordnung tragen. Bei einigen Arten (*Scorpaena*, *Cottus*, *Zoarces*) ist die vordere Reihe des ersten Bogens mehr oder weniger verkümmert, weil der Kiemendeckel dieser Kante fest anliegt. In andern Fällen (*Zeus*) übertreffen die vorderständigen Fortsätze, besonders des ersten Bogens, die hinterständigen um ein Geringes an Größe, ohne jedoch ihre Form zu ändern.

Andre Glieder dieser Gruppe beanspruchen eine eingehendere Schilderung. Von ihnen will ich zunächst *Lucioperca* erwähnen.

Lucioperca sandra (Textfig. 29). Das Vorhandensein von Siebfortsätzen an den Kiemenbogen dieser Species habe ich früher geleugnet (39), da die seitliche Wand der Bogen nur mit zwei Reihen dicht bezahnter und flach gewölbter Platten belegt sei. Obgleich man in der Tat von Fortsätzen, die sich beträchtlich über die Oberfläche der Kiemenbogen erheben, nicht reden kann, bin ich doch, wie bei *Esox*, durch das vergleichende Studium ähnlicher Fälle zu der Überzeugung gelangt, daß man die eine Reihe der Zahnplatten als den Siebfortsätzen andrer Knochenfische homologe Bildungen deuten muß. Wie aus Textfig. 29a ersichtlich ist, heben sich aus

dem dichten Belag zähncentragender Scheiben der oberen Reihe größere Platten hervor, welche sowohl durch ihre stärkere Wölbung als auch durch den reicheren Besatz mit langen Zähnen ausgezeichnet sind. Diese müssen wir den Siebfortsätzen homologisieren, denn es läßt sich schon bei *Lucioperca* beobachten, daß diese flachgewölbten Scheiben an einzelnen Stellen des Kiemenkorbes zu deutlicher vorspringenden Warzen auswachsen. Das sehen wir z. B. sehr schön an



Textfig. 29.

Lucioperca sandra. a, Stück des zweiten Kiemenbogens, Vergr. 10:1; b, des ersten Kiemenbogens, Vergr. 5:1. k, Basalscheiben der Siebfortsätze; W, winkelständiger Siebfortsatz des ersten Bogens.

der in Textfig. 29b dargestellten Gelenkstelle (W) des ersten Kiemenbogens. Genau im Winkel steht eine längliche, über den Bogengrat vorspringende Warze mit verbreiteter Basis, während gegen die Bogenenden zu der Kopf mehr und mehr unterdrückt wird, bis schließlich nur noch die Basalscheibe der Siebfortsätze erhalten bleibt. Ich glaube deshalb die Form der Siebfortsätze bei *Lucioperca* viel besser kennzeichnen zu können, wenn ich sage, daß von den beiden Teilstücken der Siebfortsätze meistens nur die Basalscheibe ausgebildet

ist. Daß dazwischen noch weitere Platten liegen, kann uns in dieser Auffassung nicht stören, da das auch bei andern Fischen mit lang entwickelten Siebfortsätzen vorkommt.

Callionymus lyra (Fig. 3). Eine zweite interessante Species ist *Callionymus* unter den Gobiidae. Sie darf deshalb unsre Aufmerksamkeit beanspruchen, weil bei ihr der innere Bogengrat sich mächtig entwickelt hat. Bevor ich diese Eigentümlichkeit schildere, will ich kurz über die Form der Mund- und Rachenhöhle orientieren. Eine schmale, mit Zähnen und dorsaler Verschlussfalte umstellte Mundspalte führt in den dorso-ventral, wie bei *Lophius*, stark komprimierten Mundrachenraum hinein. Die Kommunikation der Rachenhöhle mit dem Kiemenraum wird durch fünf kurze Kiemenpalten vermittelt. Dieselben bleiben nicht bloß auf den Rachenboden beschränkt, sondern sind selbst in diesem Bezirke teilweise reduziert. Auffallenderweise unterliegen besonders die beiden ersten Spalten der Reduktion. Die erste, sonst immer weit dorsal reichend, ist bis an den kurzen dem Bogenwinkel benachbarten Schlitz geschlossen (Fig. 3 I). Auch die zweite Spalte dringt nicht bis an die Copulae vor. Infolgedessen bleibt für das Filter wenig Platz übrig, zumal auch die enge fünfte Spalte der Wucherung von Siebfortsätzen wenig günstig ist. Dagegen wird die erste Kiemenpalte auch von vorn her gesperrt, da eine gefranste Falte (Fig. 3) vom Kiemendeckel vorspringt, die ihre Zipfel zwischen die vorderständigen Siebfortsätze des ersten Bogens schiebt. Die Siebfortsätze sind wenig zahlreich (Tab. III) und sitzen als kleine, löffelförmige Gebilde der vorderen und hinteren Bogenwand an. Dagegen hat sich der Bogengrat (Fig. 39) mächtig entfaltet. Bei den meisten Teleostern nur als niedrige Leiste über die mediale Bogenkante hinziehend, erhebt er sich bei *Callionymus* (Textfig. 6 b) zu einer hohen, wenn auch dünnen Falte, die gegen den Schlund geneigt die hinterständigen Siebfortsätze mehr oder weniger überdacht (Fig. 3 G). Irgendwelche Beziehungen zu den Siebfortsätzen läßt er jedoch nicht erkennen, denn dieselben entspringen unterhalb seiner Insertionsbasis. Welche Bedeutung dieser Reliefbildung zukommt, läßt sich schwer eruieren. Vielleicht beteiligt sich der Bogengrat dank seiner biegsamen Beschaffenheit am Kiemenpaltenverschluß, indem er nach hinten heruntergedrückt die Spalten teilweise absperrt.

Labyrinthici.

Sehr eingehend habe ich einige Labyrinthfische untersucht, um festzustellen, ob Kiemenfilter und Labyrinthorgan als Derivate der

medialen Bogenkante irgendwelche morphologische oder physiologische Beziehungen erkennen lassen. Um diese Frage zu entscheiden, will ich zunächst Bau und Bedeutung des Labyrinthes kurz schildern.

Als hervorstechendstes Merkmal der ganzen Familie ist das Labyrinth schon von älteren Forschern wiederholt untersucht und seinem morphologischen Werte nach richtig gedeutet worden, so daß ich mich auf ein zusammenfassendes Referat beschränken kann. Im wesentlichen handelt es sich um eine Differenzierung der inneren Kante des ersten dorsalen Bogenschenkels. Die Schleimhaut treibt hier blattförmige Wucherungen, die durch dünne Knochenlamellen gestützt werden. Die Zahl der Lamellen ist bei den einzelnen Arten verschieden. Für *Anabas* werden drei bis fünf reichgefaltete Blätter angegeben. Der Labyrinthapparat von *Osphromenus* (Textfig. 30 L) zeigt eine etwas einfachere Ausbildung. Bei *Polyacanthus* (*Macropodus*) zähle ich drei wenig gefaltete Platten, während ich bei *Spirobranchus* nur ein nach hinten umgeschlagenes Blatt sehe.

Nach ZOGRAFF (42) ist der Labyrinthapparat in einer Tasche unter dem Kiemendeckel geborgen, deren Ausgang sich ebenfalls unter dem Kiemendeckel unweit seinem hinteren Rande befindet und sehr eng ist. Die Öffnung umgibt ein fester Bindegewebsring, kann jedoch mangels jeglicher Muskelfasern willkürlich nicht geschlossen werden.

Über das Skelet des Labyrinthes hat PETERS (25) genaue Angaben gemacht. Nach ihm teilt sich bei den meisten Teleosteen das obere Ende des Epibranchiale in zwei Fortsätze, einen oberen oder äußeren Processus muscularis (Textfig. 30 P.m) und als Fortsetzung des Stammes einen unteren oder inneren Processus articularis (Textfig. 30 P.a). Ersterer nimmt an seinem äußeren Rande die letzten oberen Kiemenblättchen auf (Textfig. 30 K), während sein innerer Rand den oberen Muskeln der Kiemenbogen zur Insertion dient. Der Processus articularis dagegen wird entweder ganz von Muskeln umhüllt oder dient auch noch den letzten oberen Siebfortsätzen zur Befestigung. An den letzten drei Kiemenbogen der Labyrinthfische sind nun diese Teile abgesehen von ihrer Zartheit ganz wie bei andern Fischen gebaut. Dagegen teilt sich das entsprechende Glied des ersten Bogens bei ihnen sogleich in seine beiden Fortsätze, so daß sein Stamm nur äußerst kurz ist. Der Processus muscularis (Textfig. 30 P.m) trägt an seinem äußeren Rande wie gewöhnlich bis zur Spitze Kiemenblättchen (Textfig. 30 K), sein innerer Rand dagegen gibt dem Labyrinth (Textfig. 30 L) den Ursprung. Der Processus articularis (Textfig. 30 P.a) geht mitten durch das

Labyrinth hindurch, um die Labyrinthlamellen zu versteifen, die in Spiraltouren um ihn geordnet sind. Er selbst ragt mit seinem stumpfen Ende über den ganzen Labyrinthapparat hervor.

Durch diese Untersuchung wurde die Ansicht von CUVIER (7), daß die zwei ersten Paare der Ossa pharyngea superiora in das Labyrinth umgewandelt seien, endgültig widerlegt, denn das Labyrinth ist eine Differenzierung des dritten Kiemenbogengliedes, des Epibranchiale, während die Ossa pharyngea superiora dem vierten Gliede, dem Pharyngobranchiale angehören.

Die physiologische Deutung des Labyrinthes hat vielfach gewechselt. Nach CUVIER und VALENCIENNES (7) hielt COMMERSON das Labyrinth von *Osphromenus* für ein Geruchsorgan und gab daher dem *Gurami* den Beinamen *olfax*. Da die Labyrinthfische die Fähigkeit haben, längere Zeit außerhalb des Wassers leben zu können, ja manche freiwillige Landwanderungen ausführen, hielt CUVIER selbst das Labyrinth für ein Wasserreservoir, dessen Feuchtigkeit die Kiemen vor dem Eintrocknen schützen sollte. Dieser Auffassung widerspricht ZOGRAFF (42) auf das entschiedenste. Da die Lamellen ziemlich weit auseinander stehen (bei *Anabas* 1,5—2,75 mm) können sie unmöglich eine genügende Menge Wasser halten, um die Kiemen während des oft tagelangen Landlebens genügend zu befeuchten. Auch an einen Zusammenhang mit dem Nestbau hat man nach ZOGRAFF gedacht, da bekanntlich die Männchen aus Gasgefüllten Schleimbläschen, die sie durch den Mund ausstoßen, schwimmende Nester für ihre Brut bauen. Aber ZOGRAFF will derartige Beziehungen nicht gelten lassen, denn auch beim Weibchen ist der Apparat genau so entwickelt als beim Männchen. Ferner können die Schleimbläschen, welche durch den Mund ausgestoßen werden, nicht aus der Labyrinthtasche stammen, weil die topographische Lage des Apparates dem Gase oder Schleim nicht gestattet, aus der Labyrinthtasche in die Mundhöhle zu gelangen. Die Luft geht vielmehr aus der Tasche direkt durch die Kiemendeckelloffnung nach außen.

Nach ZOGRAFFS Ansicht, der MEYER (21) beipflichtet, müssen wir das Labyrinth vielmehr als ein accessorisches Atmungsorgan ansprechen, das bestimmt ist, kühle Luft einzuatmen. Dafür spricht vor allem seine histologische Struktur. Die drei Lamellen, welche bei *Macropodus venustus* das Labyrinth bilden, sind von länglich abgerundeter, fast halb-elliptischer Form. Ihre Ränder verlaufen nicht glatt, sondern unregelmäßig ausgebuchtet, wie Austernschalen. Ebenso uneben ist die Oberfläche dieser Platten, denn sie ist mit seichten, wellenförmig verlaufenden

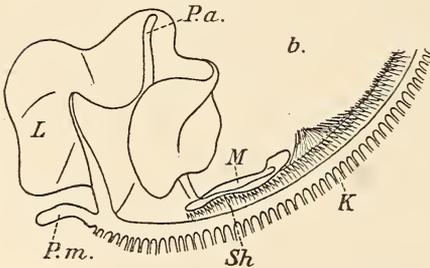
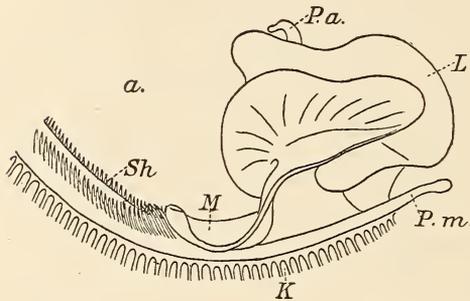
Vertiefungen bedeckt. Im Innern des Organs schließt sich unmittelbar an das Periost des Gerüstes Bindegewebe an, welches aus sternförmigen Zellen mit sehr kleinen Körpern und langen fadenförmigen Ausläufern besteht. Zwischen den Maschen ist eine Menge von großen Fettzellen eingeschlossen, die in große, kugelförmige Häufchen gruppiert sind und die Oberfläche der Labyrinthplatten emporhebend diesen das bereits erwähnte wellenförmige Aussehen verleihen. Das oberflächliche Cutisgewebe besteht gleichfalls aus sternförmigen Zellen, doch sind die Körper größer und die Ausläufer kürzer als in den mit Fett gefüllten Schichten. Im obersten Teile dieses Bindegewebes bemerkt man zahlreiche Blutcapillaren, welche daselbst eigentümliche Wundernetze bilden. Über den Fetthaufen treten nämlich die Arterien und Venenästchen, welche ihr Blut aus der Arteria branchialis empfangen und in die Aorta abführen, zu rosettenförmigen Capillarsystemen zusammen. Der ganze Apparat ist mit Epithel bekleidet, das in frischem Zustande etwas höher ist als das der Taschenwandung. Zwischen den Epithelzellen liegen zahlreiche becherförmige Schleimzellen, die jedoch auf Schnittbildern infolge ihrer starken Kontraktibilität nicht zu erkennen sind.

Nachdem ich die morphologische und physiologische Bedeutung des Labyrinthes erläutert habe, will ich seine Beziehungen zum Kiemenfilter analysieren. Obgleich beide Apparate der inneren Bogenkante entstammen, unterhalten sie durchaus verschiedene Beziehungen zu dem knöchernen Skelet. Die Knöchelchen der Siebfortsätze sind selbständige Bildungen, welche völlig isoliert vom knöchernen Kiemenbogen im Bindegewebe liegen. Die Stützlammellen des Labyrinthes dagegen entstehen durch sekundäre Wucherungen des Epibranchiale mit dem sie dauernd in fester Verbindung bleiben.

Ferner erkennt man auf den ersten Blick, daß das Labyrinthorgan der Ausdehnung des Kiemenfilters sehr hinderlich ist. Obgleich die Kiemenbogen deutlich geknickt sind, dringt doch nur die zweite Kiemenspalte ein wenig zwischen die dorsalen Schenkel vor. Die folgenden Spalten bleiben vollständig auf den Boden der Rachenhöhle beschränkt. Doch wird diese räumliche Beschränkung dadurch etwas ausgeglichen, daß die zweite bis vierte Spalte annähernd gleich lang bleiben. Nur die fünfte ist wesentlich kürzer (Tab. X).

Gegen das laterale Ende des ersten ventralen Bogenschenkels veranlaßt das Labyrinth starke Modifikationen der Siebfortsätze. Obgleich es hauptsächlich zum dorsalen Bogenschenkel gehört, machen sich doch bereits am Ende des ventralen Schenkels unmittelbar vor dem lateralen Bogenwinkel Differenzierungen bemerkbar,

welche mit dem Labyrinth in Verbindung stehen. Gegen den Bogenwinkel werden die Siebfortsätze (Textfig. 30a) der vorderen Kante immer größer und erleiden mannigfache spezifische Modifikationen. Bei *Ospromenus* z. B. treten sie zu einem pinselartigen Bündel zusammen (Textfig. 30a). An sie schließt sich eine muldenförmige Epithelwucherung mit verdickten Rändern an (Textfig. 30M). Während ihr hinterer Rand gegen den Bogenwinkel abfällt, setzt sich der vordere kontinuierlich in die Spirale des Labyrinthes fort (Textfig. 30a und b, M). Da die Mulde die ganze Breite der vorderen Bogenkante bis



Textfig. 30.

Dorsales Endstück des ersten Kiemenbogens von *Ospromenus trichopterus* mit dem Labyrinth. Vergr. 5:1. *K*, Kiemenblättchen; *L*, Labyrinth; *M*, Basalmulde des Labyrinthes; *Pa.*, Processus articularis; *P.m.*, Processus muscularis; *Sh*, hinterständige Siebfortsätze.

an die Kiemenblättchen bedeckt (Textfig. 30a), bleibt hier kein Platz mehr für die Siebfortsätze. Infolgedessen endet die Reihe der vorderständigen Siebfortsätze dicht vor der Mulde, die hintere dagegen zieht unter dem überhängenden Rande der Mulde bis gegen den Bogenwinkel (Textfig. 30b, *Sh*).

Bei oberflächlicher Betrachtung scheint es, als wenn die Struktur des Kiemenfilters zu der wechselnden Komplikation des Labyrinthes in Korrelation stünde.

Nach der Beschaffenheit des Kiemenfilters scheiden sich die untersuchten Labyrinthici in zwei Gruppen.

Bei *Anabas* und *Spirobranchus* (Textfig. 31) stehen wenige, seitlich komprimierte und schwach bezahnte Warzen in so weiten Abständen an den Bogenkanten, daß sie ineinander greifen können. Das Kiemenfilter der beiden andern Species ist weitaus zierlicher. Die Siebfortsätze von *Polyacanthus* besitzen die Gestalt dreieckiger, seitlich stark komprimierter Spitzchen, deren Innenkante kleine buckel-

förmige Vorwölbungen treibt. An den Vorderkanten mit Ausnahme derjenigen des fünften Kiemenbogens stets schwächer entwickelt als an der Rückseite sind sie an der vorderen Kante des ersten Bogens fast ganz rückgebildet. Ihre Zahl und Größe steigert sich gegen die Schlundpforte, um an der hinteren Kante des vierten Bogens ihr Maximum zu erreichen.

Das Kiemenfilter von *Osphromenus trichopterus*, mit dem *O. olfax* im wesentlichen übereinstimmt, unterscheidet sich von dem der vorgenannten Species durch die noch dichtere Anordnung und zierlichere Form der Siebfortsätze. Äußerst dünne, messerförmige Plättchen zieren in enormer Zahl sämtliche Bogenkanten (Textfig. 30 *Sh*). An der Rückseite des ersten Bogens zählte ich pro 1 mm neun Fortsätze, die in Abständen von 0,11 mm stehen, während bei *Polyacanthus* die Distanz zwischen zwei Siebfortsätzen im Mittel 0,25, bei *Spirobranchus* 1,9 mm beträgt.

Da durch die Verengerung der Kiemenpalten die Filtrationsfähigkeit des Filterwerkes sehr vermindert wird, trachtet die Natur danach, die filtrierende Fläche zu vergrößern. Bei *Osphromenus* erreicht sie das dadurch, daß sie die Kiemenbogen auseinander rückt, bis sich die Siebfortsätze, die bei den drei andern Labyrinthici ineinander greifen, nur noch mit den Spitzen berühren. Auf diese Weise wird die filtrierende Fläche vor jeder Kiemenpalte um das Doppelte vergrößert. Man kann sich dies sehr gut veranschaulichen, wenn man die ineinander geschobenen Finger beider Hände soweit auseinander zieht, daß nur noch die Fingerspitzen aneinander stoßen. Eine weitere Vergrößerung erfährt das Filter, wie bei *Mugil* durch eine eigenartige Modifikation des fünften Kiemenbogens. Die beiden Bogen sind stark verbreitert und muldenförmig gehöhlt. Ihre medialen Ränder legen sich aneinander und bilden einen hohen medianen Grat, der den Grund der Rachenhöhle in zwei stark ausgebuchtete Nischen kammert. Die konkave Innenfläche dieser Mulden ist von einem engen Rinnensystem überzogen, das durch die leistenförmig über den Kiemenbogen verlaufenden Basalteile der Siebfortsätze gebildet wird. Diese Leisten erreichen jedoch nicht den hinteren Kiemenbogenrand, sondern lassen hier einen schmalen Streifen für die *Ossa pharyngea inferiora* frei.

Um den Abfluß des Atemwassers durch dieses enge Gitterwerk



Textfig. 31.

Ausschnitt aus dem Kiemenfilter von *Anabas scandens*.
Vergr. 5:1. II, III, Kiemenbogen.

möglichst zu beschleunigen, sind die Pharyngobranchia mit dicken elastischen, am Hinterrande von einigen starken Zähnen umstellten, Polstern belegt, die einem Gummistempel gleich gegen das Filter wirken. Die drei andern Species besitzen eine derartige Einrichtung nicht. Die *Ossa pharyngea superiora* tragen nur Zähne.

Die wechselnde Struktur des Filters steht in gar keiner Beziehung zu der Ausbildung des Labyrinthes. Bei *Anabas* ist ein grobes Filter mit einem sehr komplizierten Labyrinthapparat vereinigt, während *Osphromenus* beide Organe in zierlichster Ausbildung besitzt. Filter und Labyrinth von *Spirobranchus* haben einen sehr einfachen Bau, dessen Komplikation bei *Polyacanthus* etwas gesteigert ist.

Die bisher beschriebenen Filter der Acanthopterygii gehörten dem biserial-symmetrischen Typus an. Nicht minder häufig begegnet uns das dimorph-monacanthhe Filter. Für folgende Species ist es charakteristisch:

Percidae:	<i>Perca fluviatilis</i>
	<i>Labrax lupus</i>
	<i>Serranus cabrilla</i>
Mullidae:	<i>Mullus barbatus</i>
Scorpaenidae:	<i>Sebastes imperialis</i>
Carangidae:	<i>Caranx trachurus</i>
Scombridae:	<i>Scomber scomber</i>
Coryphaenidae:	<i>Coryphaena hippurus</i>
Cottidae:	<i>Trigla hirundo</i>
Blennidae:	<i>Centronotus</i>
Ophidiidae:	<i>Ophidium barbatum</i>
Labridae:	<i>Labrus spec.</i>
	<i>Crenilabrus pavo</i>

Über die Beschaffenheit des Filters der Mehrzahl dieser Formen belehrt uns ein Blick auf Fig. 18 und 19 rascher als jede langatmige Beschreibung. Es sind lockere Schutzwerke von geringer Flächenausdehnung (Tab. III, V, X). Die stachelförmigen Fortsätze des ersten Bogens lassen kaum spezifische Differenzen erkennen. Sie sind stets zu langen, messerförmigen Anhängen komprimiert, deren Innenkante feine Zähnchen trägt. Ihre größte Länge erreichen sie in dem immer deutlich ausgeprägten Bogenwinkel. Die Form der kurzen Fortsätze variiert in weiten Grenzen. Bei *Perca fluviatilis* (Fig. 19) z. B. seitlich stark komprimiert, bewahren sie bei *Labrax* (Fig. 18) eine mehr halbkugelige Gestalt, während die Warzen von *Sebastes* auf kurzen Stielen sitzen.

Interessantere Verhältnisse finden wir bei den

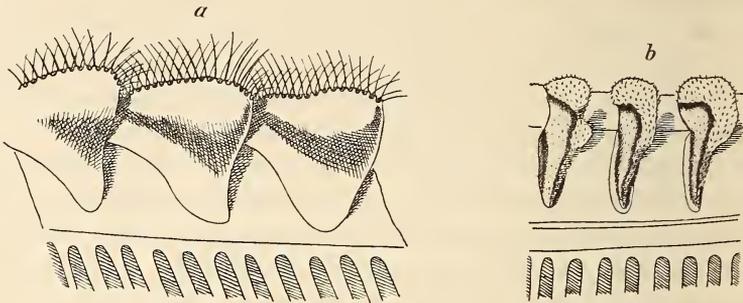
Coryphaenidae, Scombridae und Carangidae (Fig. 23—25).

Coryphaena hippurus (Fig. 23). Das Kiemenfilter von *Coryphaena* ist recht grob. Die stachelförmigen Fortsätze des ersten Bogens dehnen sich nicht über die ganze Länge desselben aus, sondern sind auf den mittleren, vom Ceratobranchiale gestützten Bogenteil beschränkt. Ihre größte Länge beträgt 8 mm, ihre Zahl rechts neun, links acht. Den beiden Endstücken des Bogens dagegen liegen ganz flache Zähneplatten von wechselnder Größe an. Es ist das einer der äußerst seltenen Fälle, wo der Bogenbesatz eine der Gliederung des Skeletes in Hypo-, Cerato- und Epibranchiale entsprechende Gruppierung erkennen läßt. An der hinteren Kante des ersten Bogens und an den übrigen Bogen ist eine derartige Differenzierung der Siebfortsätze nicht mehr wahrzunehmen, denn hier finden wir nur unregelmäßige Platten, von denen die vorderständigen stets größer aber flacher, die hinterständigen kleiner, rundlicher und höher sind. Ähnliche, aber größere Platten decken die Zunge und die ventralen Enden der drei ersten Bogen.

Caranx trachurus und *Scomber scomber* (Fig. 24 und 25).

Ein ganz anderes Bild bieten die Filter von *Caranx* und *Scomber* dar, weil bei ihnen die Filterfortsätze sehr gedrängt stehen. Sie sind die einzigen mir bekannten Species, bei denen die Natur zum Bau dichter Filter den dimorph-monacanthen Typus verwendet. Ihre Filter sehen einander auf den ersten Blick sehr ähnlich. Obgleich die dorsalen Bogenschenkel nur wenigen Siebfortsätzen den Ursprung geben, ist die filtrierende Fläche und die Zahl der Siebfortsätze doch relativ groß, weil die verlängerten Ventralschenkel den Ausfall etwas ausgleichen (Fig. 24, 25). Die Form der Siebfortsätze zeigt deutliche spezifische Differenzen. Da die beiden untersuchten Exemplare zufälligerweise die gleiche seitliche Kopflänge (85 mm) besitzen, ist eine Vergleichung leicht möglich. Zunächst differiert die Länge der vorderständigen Stacheln des ersten Bogens. Bei *Caranx* haben sie eine Maximallänge von 11,5 mm, bei *Scomber* jedoch von 20 mm. Die kurzen Fortsätze sind bei beiden Arten seitlich stark komprimiert und sitzen mit langer Basis den seitlichen Bogenkanten an (Textfig. 32 a und b). Ihre Innenkante ladet polsterartig nach den Seiten aus, um Platz für den Zahnbesatz zu schaffen. Betrachtet man die Polsterflächen von der Rachenhöhle aus, so erscheinen sie bei *Scomber* (Fig. 24) keulenförmig, bei *Caranx* (Fig. 25) dreieckig und mehr zugespitzt. Dazu gesellt sich der weitere Unterschied,

daß die kurzen Fortsätze von *Caranx* an beiden Bogenkanten stets die gleiche Länge aufweisen, während bei *Scomber* die hinterständigen Fortsätze die vorderen um mehr als das Doppelte übertreffen.

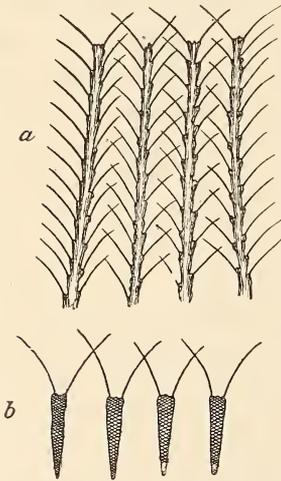


Textfig. 32.

Drei Siebfortsätze des zweiten Kiemenbogens. *a*, von *Scomber scomber*, Vergr. 6:1; *b*, von *Caranx trachurus*, Vergr. 7:1.

Ogleich die Anordnung der Siebfortsätze bei *Scomber* lockerer ist als bei *Caranx*, besitzt doch *Scomber* ein viel dichteres Filter, weil die auf der Innenkante der Siebfortsätze stehenden Zähnchen

sich intensiv am Kiemenspaltenverschluß beteiligen. Die Form und Anordnung der Zähnchen, welche bei beiden Species in ungeheurer Zahl die Oberfläche der Siebfortsätze bedecken, ist spezifisch verschieden. Bei *Caranx* (Textfig. 32) bleiben sie kurz und breiten sich gleichmäßig über die Siebfortsätze aus, ohne wesentlich zur sekundären Verengung der Filterlücken beizutragen. Die Zähnchen von *Scomber* dagegen sind zu langen Borsten ausgewachsen, die aus kraterförmigen Knochenkegeln hervorragen (Textfig. 32 *a*). In dichten Reihen umsäumen sie die Peripherie der inneren Fortsatzkante, ragen aber nicht gerade in die Rachenhöhle hinein, sondern biegen sich so stark über den Rand der Fortsätze vor, daß die Borsten



Textfig. 33.

Stücke der vorderständigen Siebfortsätze des ersten Kiemenbogens von *Scomber scomber*. Vergr. 5:1. *a*, von oben, *b*, im Querschnitt.

benachbarter Höcker mit den Spitzen zwischeneinander greifen. Auf diese Weise werden die Filterlücken (Textfig. 33 *b*) von zwei Seiten

her durch Borstenzähne, welche ein äußerst feines Gitterwerk (Textfig. 33 a) bilden, überspannt. Betrachtet man den Kiemenkorb der Makrele von innen, so erscheint die ganze Filterfläche von einem dichten Rasen feinsten Borsten überzogen, der die Siebfortsätze selbst wie ein Schleier überzieht. Bei *Scomber* wird also die Passage durch die Kiemenspalten in zweifacher Weise erschwert, einmal durch die ineinander greifenden Siebfortsätze selbst und dann hauptsächlich durch ihre Borstenzähnchen. Nur bei *Scomber* fällt die Verfeinerung des Filters in so extremer Weise dem Zahnbesatz der Siebfortsätze zu. Bei keiner andern Species habe ich ähnliches beobachtet.

Mit der zierlichen Struktur des Kiemenfilters von *Scomber* steht unstreitig die eigenartige Ausbildung der Ossa pharyngea in Zusammenhang. Da auch sie mit langen Borstenzähnchen dicht besetzt sind, gleichen besonders die Ossa pharyngea superiora (Fig. 24 Os) kleinen Bürsten, die geeignet scheinen, die vom Filter in der Rachenhöhle zurückgehaltenen Organismen und Substanzen aus dem Borstenbesatz der Siebfortsätze herauszubürsten und an den Schlund zu befördern.

Trachinidae und Cepolidae (Fig. 26).

Neben dem biserial-symmetrischen und dem dimorph-monacanthen Typus treten bei einzelnen Species der Acanthopterygii Filter auf, die den Übergang vom dimorph-monacanthen zum dimorph-polyacanthen Typus vermitteln. Die in Frage stehenden Arten tragen nicht bloß an der vorderen Kante des ersten, sondern auch des folgenden Bogens stachelförmige Fortsätze. Bei *Trachinus draco* und *Cepola rubescens* treibt auch der zweite Kiemenbogen vorderständige Stacheln. Allerdings sind sie nicht so lang wie am ersten Bogen, aber ebenso gestaltet als dort, die übrigen Bogenkanten decken nur niedrige Höcker oder Platten. Trotz dieser gemeinsamen Merkmale differieren die Kiemenfilter beider Species beträchtlich. Während die wenig zahlreichen, plumpen Siebfortsätze von *Trachinus* (Fig. 26) nur ein grobes Sperrwerk vor den Kiemenspalten bilden, setzen die dichtgedrängten, zierlichen Fortsätze von *Cepola* (Tab. III) dem Eindringen selbst feinsten Partikelchen in die Kiemenspalten ein Hindernis entgegen.

Form und Bezahnung der Ossa pharyngea harmonieren mit der Beschaffenheit des Kiemenfilters. Mit dem groben, zähnchenreichen Filter von *Trachinus* sind drei Paar kräftige Ossa pharyngea superiora und ein Paar Ossa pharyngea inferiora verbunden. Bei *Cepola* hingegen tragen sie nur wenige Zähnchen, die an der Decke der Rachenhöhle in drei Gruppen am Boden in einer Längsreihe angeordnet sind.

Das polyacanth Filter der Pleuronectiden habe ich bereits bei den Salmoniden und Clupeiden geschildert (S. 645).

10. Pediculati.

(Fig. 1.)

Lophius piscatorius (Fig. 1) entbehrt im erwachsenen Zustande der Siebfortsätze, während er sie, wie ich bereits erwähnte, nach STEUER (34) in der Jugend besitzen soll. Wenn wir einem Seeteufel den Schädel ablösen, gewinnen wir rasch einen Überblick über die in Frage stehenden Verhältnisse. Mund- und Rachenhöhle bilden einen dorso-ventral stark abgeflachten Raum, in den eine weite Mundspalte hineinführt, während dem abfließenden Wasserströme nur vier kurze, aber gleichlange Kiemenspalten offen stehen (Fig. 1, I, IV). Kiemensbogen und Kiemenspalten sind vollständig auf den Rachenboden beschränkt und laufen fast parallel zur ventralen Medianlinie. Da sie keinerlei Reliefbildungen erkennen lassen, ist ihre Innenfläche vollkommen glatt und leicht abgerundet. Dagegen startt der Mund-Rachenraum von mächtigen scharfen Zähnen, die in großer Zahl auf den Mundrändern stehen (Fig. 1 Z). Auch die Palatina und die vorderen Ecken des Vomers sind bewehrt. Hinter den Zahnreihen des Dentale erhebt sich eine hohe Verschlufsfalte (Fig. 1 F), welche sichelförmig den ganzen Unterkiefer umsäumt. Bemerkenswert ist ferner in der Mundhöhle eine tiefe, trichterförmige Tasche, welche sich hinter dem Vomer einsenkt. Sie liegt genau unter dem Fuß der großen Tastangel, welche außen auf dem Kopfe steht. Ihre Bedeutung ist mir völlig rätselhaft. Nicht minder stark ist der Rachen bewaffnet. Das breite Medianfeld, das durch die Reduktion der fünften Kiemenspalte und die starke Verbreiterung des Kopfes zwischen den Kiemenspalten gebildet wird, trägt die großen Ossa pharyngea inferiora (Fig. 1 Oi) mit spitzen randständigen Zähnen. Ihnen stehen dorsal drei Paar Ossa pharyngea superiora gegenüber.

11. Plectognathi.

(Tab. V, 46; X, 27.)

Von Plectognathi konnte ich nur einen nicht genauer bestimmten *Monacanthus* untersuchen. Da die Kiemenspalten das Bogengelenk dorsalwärts nicht überschreiten, ist das Filter vollkommen bodenständig (Tab. X, 27). Der erste Kiemensbogen trägt vorn feine glatte Stacheln von 1,1 mm Maximallänge in beträchtlicher Anzahl,

während hinten und an den übrigen Bogen niedrige, seitlich komprimierte Höckerchen mit aufgebogenen Spitzen und caudal gerichteten Zähnechen sitzen. Ihre größte Länge beträgt 0,5 mm. An den hinteren Bogenkanten ziehen sie über den schmalen caudal überhängenden Bogengrat hin. In alternierender Anordnung verbreiten sie sich über sämtliche Kanten der vier freien Kiemenbogen.

Mehr nach dem symmetrischen Typus scheint das Filter von *Tetrodon* gebildet zu sein. POPTA fand an beiden Kanten der drei ersten Kiemenbogen, sowie auf der Membran, welche den vierten und fünften Bogen verbindet, längliche glatte Fortsätze, welche unregelmäßig gestellt und mit ihrer ganzen Breite den Kiemenbogenkanten angeheftet am ventralen Bogenende fehlen. Das Filter von *Orthogoriscus mola*, das POPTA und STEUER untersuchten, scheint dem gleichen Typus anzugehören. Nach der Beschreibung von POPTA und der Abbildung von STEUER zu urteilen, hat es eine gewisse Ähnlichkeit mit dem Filter von *Hippocampus* (Textfig. 25). Nahe den Kiemenblättchen stehen an sämtlichen Kiemenspaltenrändern glatte, basal stark verbreiterte und spitzige Fortsätze, deren Zahl POPTA auf vier bis sieben angibt. Die zwischen den Fortsätzen gelegenen Bogenstücke sollen nach POPTA durch Zähnechen rauh sein, was STEUER für die beiden letzten Kiemenspalten bestätigt. Nach POPTA besitzt *Tetrodon* 2, *Orthogoriscus* 3 Ossa pharyngea superiora, während die inferiora beiden fehlen.

Zusammenfassung.

Dies sind die wichtigsten spezifischen Variationen des Kiemenfilters der Teleosteer. Wir haben darunter zahlreiche Beispiele kennen gelernt, die mit überzeugender Deutlichkeit Dichte und Oberflächengröße des Filters in vollster Harmonie zeigen. Bei allen Species, deren Kiemenspalten, oft der Zahl nach reduziert, kurz und mehr oder weniger vollständig zwischen den ventralen Bogenschenkeln eingeschlossen sind, bleiben die Siebfortsätze in wechselndem Grade primitiv. Überall dort aber, wo die Natur dichte Filterwerke vor den Kiemenspalten bildet, sorgt sie in der mannigfachsten Weise durch Vergrößerung der Filterfläche für einen unverminderten Abfluß des Atemwassers.

Da ich nicht jede Species genau beschreiben konnte, will ich zum Schlusse alle untersuchten Formen nach der Ausbildung des Kiemenfilters ordnen, um dem Leser einen raschen Überblick über die Fülle mannigfaltiger Erscheinungen zu ermöglichen. In dieses Verzeichnis habe ich der Vollständigkeit halber auch die Fische

aufgenommen, welche mir von der Deutschen Tiefsee-Expedition zum Studium des Kiemenfilters überwiesen wurden. Ein * bezeichnet die Tiefseefische in der folgenden Übersicht. Wir können unterscheiden:

I. Fische ohne Siebfortsätze:

1) Kiemenbogen glatt:

Apodes:	Anguillidae:	<i>Anguilla vulgaris</i> <i>Conger vulgaris</i>
	*Nemichthyidae:	<i>Avocettina infans</i>
	Muraenidae:	<i>Muraena helena</i>
Acanthopterygii:	Pleuronectidae:	<i>Solea lutea</i>
Pediculati:	Lophiidae:	<i>Lophius piscatorius</i>

2) Ventralschenkel mit Querreihen von Zähnen bewehrt:

Malacopterygii:	*Stomiidae:	<i>Stomias colubrinus</i>
-----------------	-------------	---------------------------

II. Fische mit Siebfortsätzen:

A. Siebfortsätze in biserial-symmetrischer Ausbildung. Kiemenpalten wellenförmige Ritzen, wenig über den Bogenwinkel dorsal vordringend.

1) Nur oder fast nur Basalplatte der Siebfortsätze ausgebildet, bezahnt:

Haplomi:	Esocidae:	<i>Esox lucius</i>
Anacanthini:	Gadidae:	<i>Lota molva</i>
Acanthopterygii:	Percidae:	<i>Lucioperca sandra</i>

2) Distaler Fortsatz der Siebfortsätze stärker hervortretend als Basalplatte:

a. Wenige rundliche oder seitlich komprimierte, fast immer bezahnte, niedrige Warzen oder Höcker:

Acanthopterygii:	Percidae:	<i>Acerina cernua</i>
	Zeidae:	<i>Zeus faber</i>
	Gobiidae:	<i>Gobius niger</i>
	Scorpaenidae:	<i>Scorpaena scrofa</i>
	Cottidae:	<i>Cottus scorpius</i> <i>Cottus bubalus</i>
	Agonidae:	<i>Agonus cataphractus</i>
	Batrachidae:	<i>Batrachus spec.</i>
	Zoaridae:	<i>Zoarces viviparus</i>
Peresoces:	Anabantidae:	<i>Anabas scandens</i> <i>Spirobranchus capensis</i>
Anacanthini:	Gadidae:	<i>Motella mustela</i> <i>Raniceps raninus</i> <i>Lota vulgaris</i>
	*Macruridae:	<i>Macrurus laevis</i> <i>Macrurus Petersoni</i> <i>Macrurus Investigatoris</i> <i>Coelorrhynchus flabellispinis</i>

b. Zahlreiche, größere, sekundär mehr oder weniger stark differenzierte, meistens zahnlose Fortsätze. Wellenförmige Kiemenspalte zu einem unregelmäßigen, größeren oder feineren Poren- oder Lückensystem verwandelt:

Ostariophysi:	Cyprinidae:	<i>Cyprinus carpio</i> <i>Abramis brama</i> <i>Tinca vulgaris</i> <i>Carassius vulgaris</i> <i>Barbus fluviatilis</i> <i>Cobitis fossilis</i> <i>Chondrostoma nasus</i> <i>Leuciscus rutilus</i> <i>Squalius cephalus</i>
	Siluridae:	<i>Silurus glanis</i>
	Loricariidae:	<i>Loricaria cataphracta</i> <i>Callichthys asper</i> <i>Plecostomus Commersonii</i>
Catosteomi:	Syngnathidae:	<i>Syngnathus rubescens</i> <i>Hippocampus spec.</i>
Acanthopterygii:	Ospromenidae:	<i>Ospromenus trichopterus</i> <i>Polyacanthus</i>
	Callionymidae:	<i>Callionymus lyra</i>

B. Siebfortsätze in biserial-dimorpher Ausbildung:

1) Dimorph-monacanth Typus. Vorderständige Siebfortsätze des ersten Bogens lang, stachelförmig, die übrigen niedrig. Kiemenspalten über den Bogenwinkel dorsal wenig vordringend. Verschluss der ersten Kiemenspalte gitterartig, der übrigen wellenförmig. Siebfortsätze fast immer bezahnt:

a. Kurze Fortsätze wenig zahlreich, rundliche oder komprimierte Warzen:

Ostariophysi:	Cyprinidae:	<i>Alburnus lucidus</i>
Catosteomi:	Gasterosteidae:	<i>Gasterosteus aculeatus</i> <i>Gasterosteus spinachia</i>
Peresoces:	Scomberesocidae:	<i>Belone vulgaris</i> <i>Exocoetus exiliens</i>
Anacanthini:	Gadidae:	<i>Gadus merlangus</i> <i>Gadus minutus</i> <i>Gadus aeglefinus</i> <i>Gadus virens</i> <i>Gadus morrhua</i> <i>Phycis blennoides</i> <i>Merluccius vulgaris</i>
	*Macruridae:	<i>Bathygadus longifilis</i>
Acanthopterygii:	Percidae:	<i>Perca fluviatilis</i> <i>Labrax lupus</i>
	Serranidae:	<i>Serranus cabrilla</i>
	Labridae:	<i>Labrus</i>

Acanthopterygii:	Labridae:	<i>Crenilabrus pavo</i>
	Coryphaenidae:	<i>Coryphaena hippurus</i>
	Scorpaenidae:	<i>Sebastes imperialis</i>
	Mullidae:	<i>Mullus barbatus</i>
	Triglidae:	<i>Trigla hirundo</i>
	Blennidae:	<i>Centronotus</i>
	*Zoarcidae:	<i>Lamprogrammus niger</i> <i>Glyptopodium macropus</i>
	Ophidiidae:	<i>Ophidium barbatum</i> <i>*Neobythites nigripennis</i>
Plectognathi;	Sclerodermi:	<i>Monacanthus spec.</i>

b. Kurze Fortsätze zahlreich, dicht bezahnt:

Acanthopterygii:	Carangidae:	<i>Caranx trachurus</i>
	Scombridae:	<i>Scomber scomber</i>

2) Dimorph-polyacanth Typus: Stachelförmige Fortsätze an den Vorderkanten mehrerer Bogen. Verschuß der Kiemenpalten vorherrschend gitterförmig; Siebforsätze glatt oder bezahnt:

a. Stachelförmige bezahnte Fortsätze an den beiden ersten Bogen:

*Haplomi:	Scopelidae:	<i>Myctophum Benoitii-Reinhardtii</i>
Acanthopterygii:	Trachinidae:	<i>Trachinus draco</i>
	Cepolidae:	<i>Cepola rubescens</i>

b. Stachelförmige, bezahnte Fortsätze an den drei ersten Bogen:

Peresoces:	Mugilidae:	<i>Mugil cephalus</i>
Acanthopterygii:	Pleuronectidae:	<i>Solea vulgaris</i>
	Ophidiidae:	<i>Ammodytes tobianus</i>

c. Stachelförmige, glatte oder bezahnte Fortsätze an den vier freien Kiemenbogen; hinterständige Fortsätze mehr oder weniger unterdrückt:

α. Zweite bis vierte Kiemenpalte wenig oder gar nicht über den Bogenwinkel dorsalwärts vordringend. Mächtige Ossa pharyngea. Siebforsätze kurz, wenig zahlreich, meistens glatt.

Acanthopterygii:	Pleuronectidae:	<i>Rhombus maximus</i> <i>Pleuronectes microcephala</i> <i>Pleuronectes limanda</i> <i>Pleuronectes platessa</i> <i>Drepanopsetta</i> <i>Arnoglossus laterna</i>
------------------	-----------------	---

β. Zweite bis vierte Kiemenpalte über den Bogenwinkel weit gegen die dorsale Medianlinie vordringend. Ossa pharyngea schwach: Siebforsätze stets bezahnt:

β_1 . Siebfortsätze kurz, locker gestellt:

Malacopterygii:	Salmonidae:	<i>Salmo fontinalis</i>
		<i>Salmo hucho</i>
		<i>Salmo salar</i>
		<i>Salmo fario</i>
		<i>Thymallus vulgaris</i>
		<i>Coregonus fera</i>

 β_2 . Siebfortsätze lang, zahlreich, gedrängt:

Malacopterygii:	*Sternoptychidae:	<i>Cyclothone obscura</i>
		<i>Cyclothone microdon</i>
		<i>Sternoptyx diaphana</i>
	Salmonidae:	<i>Salmo salvelinus</i>
		<i>Coregonus hiemalis</i>
		<i>Coregonus Wartmanni</i>
		<i>Coregonus albula</i>
	Clupeidae:	<i>Clupea harengus</i>
		<i>Clupea finta</i>
		<i>Clupea alosa</i>
		<i>Engraulis encrasicolus</i> .

III. Die physiologische Bedeutung des Kiemenfilters.

Nachdem ich dem Leser einen Einblick in den wundervollen Bau des Kiemenfilters vermittelt habe, erübrigt es mir noch, die physiologische und biologische Bedeutung des Apparates zu erläutern. Die Lösung dieses Problems wird durch die Lage des Filters an der Grenze des nutritiven und respiratorischen Abschnittes der Rachenhöhle wesentlich erschwert. Denn während es keinem Zweifel unterliegt, daß die in die Rachenhöhle aufgenommenen festen und flüssigen Substanzen durch das Filter gesondert werden, kann man über den Wert dieses Vorganges für die Fische geteilter Meinung sein. Drei Möglichkeiten sind meines Erachtens denkbar. Entweder soll das Filter die Kiemen vor Beschädigung und Beschmutzung schützen oder die Nahrung im Rachen zurückhalten oder beiden Funktionen zugleich dienen.

Bei dieser komplizierten Fragestellung ist es begreiflich, daß die Antwort im Laufe der Zeit schwankte. Die älteren Autoren sahen in dem Filterwerke am Innenrande der Kiemenspalten lediglich ein Schutzmittel gegen Verunreinigung und Verletzung der Kiemenblättchen. Die früheste Spur dieser Deutung finde ich in CUVIER und VALENCIENNES' Naturgeschichte der Fische (7). Im einleitenden Bande (I, S. 354) äußert sich CUVIER folgendermaßen: »Die innere Kante der Kiemenbogen zieren kleine Knochenplatten, Zapfen oder Blättchen, die gewöhnlich mit Zähnen in spezifisch wechselnder Anordnung

besetzt sind. Sie dienen allgemein dazu, die Substanzen, welche der Fisch verschlingt, festzuhalten und zu verhindern, daß sie mit dem Atemwasser entweichen und sich zwischen den Kiemenblättchen festsetzen. Sie leisten in ihrer Weise dasselbe, wie die Epiglottis der Säugetiere und die Zähnchen am Kehlkopfrande der Vögel.« Auch nach STANNIUS (33) sollen die Siebfortsätze das Eindringen der Speisen in die Kiemenhöhle verhüten. In demselben Sinne spricht sich TROSCHEL (36, S. 376) aus. Sehr anziehende Gedanken über den Filterapparat der Fische äußern BERGMANN und LEUCKART (3, S. 225): »Von einem Bogen gegen den andern hin, also in die Öffnung zwischen beiden vorgestreckt, findet man häufig Erhebungen, welche an beiden eine Kiemenspalte begrenzenden Bogen alternierend stehen, so daß die Spalte dadurch eine Zickzackform erhält. Das wird gewiß als ein Schutz der Kiemenhöhle gegen fremde Körper anzusehen sein.« Wenige Seiten später (S. 229) kommen die Verfasser noch einmal auf denselben Gegenstand zurück: »Es leuchtet ein, daß eine Spalte von gewisser Länge, d. h. zwischen zwei Punkten von bestimmter Entfernung verlaufend, bei einer bestimmten Breite den kleinsten Querschnitt hat, wenn sie in gerader Richtung geht. Läuft sie nicht gerade, sondern z. B. im Zickzack, so bietet sie bei gleicher Breite einen größeren Querschnitt, bei gleichem Querschnitt eine geringere Breite. Durch die Zacken, welche bei vielen Fischen gegen die Kiemenpalten hin gerichtet stehen, wird jede Spalte zu einer im Zickzack laufenden Ritze und bietet also zwischen zwei gegebenen Endpunkten eine Öffnung, welche weniger leicht fremde Körper in die Kiemenhöhle gelangen läßt, als wenn sie zwischen denselben Endpunkten verlaufend eine gerade Linie verfolgte und dabei dieselbe Größe der Öffnung böte, indem sie alsdann breiter sein müßte.«

Seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts änderten sich die Ansichten über den physiologischen Nutzen der Filterapparate. Man stellte ihren Wert für die Nahrungsaufnahme in den Vordergrund und deutete sie als Fangapparate. Das zeigen schon die in allen Lehr- und Handbüchern jener Zeit gebrauchten Bezeichnungen, wie Rechenzähne, Reusenzähne, Kiemenreuse. Sehr deutlich kommt diese Auffassung in einem kleinen Artikel von MÖBIUS (22) zum Ausdruck. Als er den Mageninhalt diverser mariner Nutzfische untersuchte, fand er den Magen eines Herings mit einem dicken Brei kleiner Copepoden (*Temora*) gefüllt, der nach genauer Zählung aus 60895 Individuen bestand. Auf die Frage, wie der Fisch so enorme Mengen kleiner Krebse erbeuten könne, antwortet er: »Die kleinen Tier-

chen fängt der Hering mit einer engmaschigen Kiemenreuse. Das engmaschige Gitter läßt wohl das Wasser durchgehen, kleine Tiere aber bis zu 0,2 und 0,1 mm Durchmesser, welche mit dem Wasser in die Mundhöhle geraten, werden durch die Kiemenreuse von dem Wasser abgetrennt und hinten in der Mundhöhle zum Verschlucken angehäuft. Ähnlich ist die Kiemenreuse bei der Sprotte. Auch die Makrele besitzt ein fast ebenso feines Gitter wie der Hering. Bei den meisten andern Fischen (*Belone rostrata*, *Zoarces viviparus*, *Anguilla fluviatilis*, *Platessa vulgaris* und *flesus*, *Gadus morrhua*, *Gasterosteus aculeatus* und *spinachia*) sind die Zähne der Kiemenbogen kürzer und weiter voneinander entfernt, als beim Hering und Sprott. Jene Fische können daher keine Nahrungskonkurrenten der Heringe und Sprotten werden. Und daß sie es wirklich nicht sind, beweist auch der Inhalt ihrer Magen, der gewöhnlich aus Muscheln, Schnecken und aus mittleren und größeren Krebsen (*Gammarus*, *Mysis*, *Palaemon*) oder aus kleineren Fischen besteht, die sie meistens am Meeresboden aufsuchen müssen.«

Nachdem man das Kiemenfilter in Beziehung zur Nahrungsaufnahme gebracht hatte, lag die Behauptung nahe, daß man aus der spezifisch wechselnden Anordnung und Ausbildung der Siebfortsätze die Ernährungsweise jedes Fisches ohne weiteres ablesen könne. Der erste, der diese Ansicht mit aller Bestimmtheit vertrat, war SUSTA¹ (35). In seinem Buche »Die Ernährung des Karpfens und seiner Teichgenossen« schreibt er: »Ich bemerke, daß die Beschaffenheit des Kiemennetzes bei allen unsern Nutzfischen ziemlich genau die Ernährungsweise des Individuums andeutet. Der Raubfisch, welcher größere Tiere erhascht, zeigt eine einfachere Einrichtung des Kiemenapparates. Seine Kiemenbogen sind in der Richtung gegen die Strahlen abgeplattet, verhältnismäßig dünn und nur mit einer Spur von Zähnen versehen. Bei ihrer Länge biegen sie sich nicht allein leicht und elastisch, sondern sie treten auch bedeutend weit auseinander, ohne die Fähigkeit zu besitzen, im Bedarfsfalle sich fest aneinander zu schmiegen. Je kleiner die Objekte der Fischnahrung sind, desto vollkommener und fester konstruiert ist das Kiemennetz.

¹ Da diese Ansicht in einem für praktische Fischzüchter geschriebenen Buche dargelegt ist, entging sie mir bei meiner früheren Untersuchung. Obgleich ich es lebhaft bedaure, die Ausführungen SUSTAS übersehen zu haben, lag doch kein Grund vor, dieses Versehen in der Weise zu brandmarken, wie es Dr. WALTER (38) für gut befunden hat. Dazu war um so weniger Veranlassung, als genannter Herr selbst zugesteht, daß mein Versehen verzeihlich sei, weil wir keine Jahresberichte über die fischereiwissenschaftliche Literatur besitzen.

Am festesten und vollkommensten ist dieses Netz beim Karpfen und allen Fischen, die eine ähnliche Lebensweise führen. Die Öffnungen welche überhaupt zwischen den Kiemenbogen entstehen können, sind durchaus nicht bedeutend. Der ganze Kiemenapparat ist knapp und fest eingerichtet. Die Bogen sind kürzer und mächtiger, ihre Gerüstgrundlage ist stark und breit, der Strahlenteil sehr dicht und breit.« Nachdem SUSTA dann die feinere Struktur des Filters beim Karpfen geschildert hat, fährt er, um die carnivore Natur des Karpfens zu beweisen, fort (S. 19): »Es ist einleuchtend, daß die Seihe des Karpfens und die parenchymatische Gaumenklappe nicht so vollkommen eingerichtet sein müßten, wenn es sich beim Karpfen um die pflanzliche Nahrung handeln würde«, denn (S. 224) bei den herbivoren Cypriniden (*Scardinius erythrophthalmus*, *Leuciscus rutilus*, *Squalius cephalus*) sei das Kiemenfilter einfacher und ein Gaumenpolster finde sich nicht.

Diese Anschauungen haben sich bis in die jüngste Zeit erhalten. So glaubte DUNCKER (9) bei seinen wertvollen Studien über die Variation und Verwandtschaft von *Pleuronectes platessa* und *flesus* Beziehungen zwischen der Nahrung und der spezifischen Differenzierung der Mund- und Rachenhöhle beider Fische zu erkennen. »Obgleich,« so führt er S. 83 aus, »beide Formen vorwiegend an den Boden gebunden sind, besteht die Nahrung der Scholle doch ausschließlich aus Muscheln, wie *Tellina* usw., während beim Flunder auch Crustaceen und Kerfe hinzutreten. Daher können beide Species nebeneinander leben. Dennoch besteht in ihren Aufenthaltsorten insofern ein deutlicher Unterschied, als in der Ost- und Nordsee der Flunder ausschließlich an der Küste bleibt und nie weiter als höchstens eine deutsche Meile außerhalb derselben gefangen wird, während umgekehrt die Scholle mit dem höheren Alter immer weiter ins offene Meer geht. Annehmbar erscheint es mir, diese Unterschiede des Aufenthaltes auf die verschiedene Ernährung beider Arten zurückzuführen. Die Scholle kann mit ihren Schneidezähnen wohl unbewegliche Objekte, wie Muscheln, packen, dagegen weder mit diesen noch mit den weit auseinander stehenden Reusenfortsätzen freier bewegliche, wie Würmer und Crustaceen des Litoralgebietes, erbeuten. Sie ist daher ausschließlich auf die nicht widerstandsfähigen Muscheln angewiesen, welche sich gerade außerhalb der Litoralzone am reichlichsten finden. Der Flunder dagegen besitzt kegelförmige, weniger zum Zerschneiden als zum Ergreifen geeignete Zähne, während der dichtschließende Reusenapparat auch den Fluchtversuchen lebhafter Beute Widerstand zu leisten vermag.«

Im gleichen Sinne spricht sich POPTA (26) aus. Obgleich man die Bedeutung der Filterfortsätze sowohl in ihrem Werte für die Ernährung, wie für die Atmung suchen könne, habe er doch noch keine Beziehungen zur Atmung finden können. »Ich messe,« schreibt er S. 224, »ihnen keine allzugroße Bedeutung für die Kiemen bei, weil die Anhänge der äußeren Seite des ersten Bogens lang oder kurz sind. Sie sind sicherlich nicht unentbehrlich für den Schutz und die Funktionen der Kiemen, weil es Formen gibt, denen die Fortsätze vollständig fehlen oder wo sie schwach entwickelt sind. Ich denke, ihre Form und Ausbildung wird hauptsächlich durch die Form des Mundes und die Art der Nahrung bedingt und die Entwicklung der Zähne auf den Fortsätzen und den Schlundknochen hängt vor allem von der Nahrung ab.«

Die von SUSTA vertretene Meinung, daß der Bau des Kiemenfilters jeden Fisch auf eine bestimmte Nahrung hinweise, fand mit der Mehrung unsrer biologischen Kenntnisse keine Bestätigung. Vielmehr wurde die Rückkehr zu den ältesten Anschauungen über die funktionelle Bedeutung des Kiemenfilters angebahnt. STEUER (34) konnte sich von dem bestimmenden Einfluß der Nahrung auf die Ausbildung des Kiemenfilters bei marinen Fischen nicht überzeugen. Für die Differenzierung der Siebfortsätze scheinen ihm phylogenetische, biologische und wahrscheinlich noch andre vorläufig unbekannte Faktoren maßgebend gewesen zu sein und es sei in vielen speziellen Fällen die Entscheidung schwierig, welcher ausschlaggebend gewesen sein möge.

Vor kurzem sprach SCHIEMENZ (31) die Vermutung aus, daß die Beschaffenheit des Kiemenfilters wohl nicht allein mit der Nahrungsaufnahme zusammenhänge, denn dasselbe Filter sei für die verschiedensten Ernährungsverhältnisse geeignet. Infolgedessen können wir aus seinem Bau nicht ohne weiteres auf die Art und Weise der Ernährung eines Fisches schließen. Es frage sich sogar, ob es nicht lediglich Aufgabe des Filterapparates sei, die Kiemen vor Beschmutzung zu schützen.

Ich kann Herrn Prof. SCHIEMENZ in dieser Auffassung nur beistimmen. Zwar habe auch ich in meiner früheren Studie (39) die Bedeutung des Kiemenfilters für die Ernährung der Fische betont, aber es sehr wohl vermieden, aus der wechselnden Struktur des Filters die spezifische Zusammensetzung der Fischnahrung abzuleiten. Denn es war mir nicht entgangen, daß neben der Ernährungsweise auch andre Faktoren die Ausbildung des Filters beeinflussen. Während z. B. Fische, welche klares Wasser bevorzugen, keines sehr dichten Filters bedürfen, weil die Gefahr der Kiemenverunreinigung gering

ist, bedingt die Gewohnheit der Cypriniden, im Schlamm zu graben, einen sehr engen Verschuß der Kiemenspalten, weniger um die Nahrungsstoffe in der Rachenhöhle zurückzuhalten, als vielmehr die Kiemen gegen Beschmutzung zu schützen. MAIER (40) hat deshalb Unrecht, wenn er mir in seinem Referate über meine Untersuchung die Behauptung unterschiebt, daß »sich die mannigfachen Ausbildungen der Siebfortsätze direkt mit der verschiedenen Nahrung der Fische in Zusammenhang bringen lassen.« Kein Satz in meiner ganzen Arbeit läßt sich dafür geltend machen.

Seitdem ich anfang, das ungeheure Material, welches mir für die vorliegende Untersuchung zur Verfügung stand, nach biologischen und physiologischen Gesichtspunkten zu ordnen, hat sich mehr und mehr in mir die Überzeugung gefestigt, daß das Kiemenfilter nicht die Bedeutung für die Ernährung der Fische hat, welche man ihm in den letzten 30 Jahren zuerkannte. Obgleich unsre mangelhafte Kenntnis der Lebensweise vieler, besonders mariner und exotischer Fische, eine sichere morphobiologische Analyse in den meisten Fällen nicht zuläßt, glaube ich doch den funktionellen Wert des Kiemenfilters am besten kennzeichnen zu können, wenn ich es in erster Linie als Kiemenschutzapparat anspreche. Schon die Überlegung, daß die ungestörte Respiration für die Existenz des Fisches viel wichtiger ist, als die ununterbrochene Nahrungsaufnahme, hätte uns zu dieser Auffassung bringen müssen. Die Nahrung können wir einem Fische ohne ernstlichen Schaden einige Zeit entziehen, verschmieren wir aber seine Kiemen, so wird er rasch zugrunde gehen. Darum dürfen wir von vornherein erwarten, daß die Analyse der Fischnahrung für die biologische Beurteilung der variablen Beschaffenheit des Kiemenfilters nur sekundären Wert haben wird. In der Tat wird dies durch die neueren Untersuchungen über die Fischnahrung mit aller nur wünschenswerten Deutlichkeit bestätigt, denn es hat sich herausgestellt, daß sich die Zusammensetzung der Nahrung eines Fisches nach Zeit und Örtlichkeit sehr ändern kann. SCHIEMENZ (31) führt einige überzeugende Beispiele an. »Ich habe«, sagt er in einem Vortrage, »schon des öftern auf den Ukelei hingewiesen, der zum Teil oder in den einzelnen Jahreszeiten Luftinsekten, in andern Jahreszeiten und in andern Verhältnissen die mikroskopischen Organismen des Auftriebs frißt. Nur für letztere hätte er einen feinen Kiemenfilterapparat nötig, nicht aber für die relativ großen Luftinsekten. Ähnliches findet man bei vielen andern Fischen, z. B. bei Karpfen und Plötze. Andererseits ernähren sich Fische von durchaus verschiedenem

Bau des Kiemenfilterapparates, wie der Kaulbarsch und der Blei, doch zumeist von ganz derselben Nahrung, nämlich von *Chironomus*. Besonders auffallend ist dies beim Kaulbarsch. Der ganze Habitus dieses Fisches, die Mundform, die Zähne, der Kiemenfilterapparat drücken eigentlich eine Raubfischnatur aus, und auch seine nächsten Verwandten, der Zander und der Barseh, gelten mit ziemlichem Recht als Raubfische. Und doch ist der Kaulbarsch ein echter Friedfisch, welcher sich im wesentlichen, wenn er kann, ausschließlich von den Larven des *Chironomus plumosus* ernährt, und nur aus Not Auftrieb frißt oder andre Fische jagt. Gerade das Umgekehrte gilt eigentlich vom Stint, welcher seiner ganzen Erscheinung nach ein Auftriebfresser ist und sich tatsächlich auch im allgemeinen als solcher betätigt. Und doch sehen wir ihn in manchen Gewässern gleich dem Kaulbarsch und dem Blei die *Chironomus*-Larven und andre Nahrung vom Boden auflesen oder sich als typischen Raubfisch ernähren und sich nicht um den Auftrieb kümmern.«

Diesen trefflichen Ausführungen kann ich auf Grund erneuter Studien weitere Argumente hinzufügen. In meiner früheren Untersuchung kam ich zu dem Schlusse, daß die Siebfortsätze bei allen Süßwasserfischen mit räuberischer Lebensweise gar nicht oder nur primitiv entwickelt seien, während Mund- und Rachenhöhle von spitzen Zähnen starren. Alle sog. Friedfische dagegen besitzen ein feines Filter vor den Kiemenpalten, dessen Ausbildung eine verschiedene ist, je nachdem wir Bewohner der litoralen oder limnetischen Region unsrer Binnengewässer untersuchen. Die Siebfortsätze der ersteren sind an beiden Kanten der Kiemenbogen gleich stark entwickelt und bei spezifisch verschiedener Gestalt so geordnet, daß zwischen ihnen ein unregelmäßiges Poren- und Lückensystem frei bleibt. Bei pelagischen Fischen hingegen stehen nur an den vorderen Kanten längere Fortsätze, so daß die Kiemenpalten durch ein Gitterwerk gesperrt werden. Für das beschränkte Gebiet eines Binnen-sees kann man zwar ohne Bedenken behaupten, daß die pelagischen Fische ein polyacanthes, die Scharbewohner aber ein biserial-symmetrisches oder ein dimorph-monacanthes Filter besitzen. Sobald man aber die Seefische in den Kreis der Betrachtung zieht, hat dieser Satz keine Geltung mehr. Im Meere finden wir den dimorph-polyacanthes Filtertypus, wie ich bereits oben betont habe, nicht allein bei echt pelagischen Fischen (Clupeiden), die sich vorwiegend von Plancton nähren, sondern auch bei den Pleuronectiden, ausgesprochenen Bodenfischen, die Muscheln, Würmer, Crustaceen usw. fressen.

Andererseits ist zwar das monacanth Filter für Grundformen sehr charakteristisch, aber durchaus nicht auf sie beschränkt, denn es kommt in verfeinertem Zustande auch den pelagisch lebenden Scombriden zu. Dabei dient es nach HOEK (17) sowohl zum Fang des Planctons, wie auch zur Jagd auf kleine Fische (Sprotten, Sardinen).

Die wechselnde Ernährungsweise reicht also keinesfalls aus, die spezifischen Eigentümlichkeiten des Kiemenfilters verständlich zu machen. Dagegen läßt sich, soweit wir über die Lebensweise der Fische unterrichtet sind, die gröbere oder feinere Struktur des Filters sehr wohl mit dem wechselnden Bedürfnis eines wirksamen Kiemenschutzes in Einklang bringen. Wenn ich aber die Bedeutung des Kiemenfilters für die Respiration hervorhebe, so soll durchaus nicht in Abrede gestellt werden, daß sich Beziehungen zur Ernährung ergeben werden, weil ja die den Kiemen schädlichen Objekte nicht nur Schlamm und Schmutzpartikelchen, sondern auch lebende, den Fischen als Nahrung dienende Organismen sein können. An einigen besonders einleuchtenden Beispielen will ich das zu erläutern versuchen. Betrachten wir zunächst einige Fälle, in denen die Nahrung keine Rolle spielt.

Je größer die Gefahr einer Kiemenverunreinigung durch Schlamm- und Sandteilchen ist, um so mehr wird die Natur bedacht sein, diese Stoffe von den Kiemen fernzuhalten. Von diesem Gesichtspunkte aus werden die dichten Filterapparate, welche manche Bodenfische besitzen, verständlich. Ein gut erforschtes Beispiel bieten die heimischen Cypriniden. Nach den einhelligen Angaben aller Autoren wählen die meisten Cypriniden mit Vorliebe im Schlamm, dadurch das Wasser ihres Wohngebietes oft auf weite Strecken trübend. Diese Gewohnheit erfordert, wie ich schon früher auseinander gesetzt habe, einen möglichst dichten Verschuß der Kiemenpalten, da andernfalls die zierlich verästelten Kiemenblättchen bald so stark mit Schlamm und Schmutz inkrustiert sein würden, daß sie zur Atmung untauglich wären. Aber auch die starke Verengerung des Filterwerkes hat Nachteile für das Leben der Fische, weil sie den Strom des Atemwassers verlangsamt. Um bei dem geringen Sauerstoffgehalt des Wassers das Atembedürfnis zu befriedigen, müssen beträchtliche Wassermengen über die Kiemenflächen hinfließen. Deshalb hat die Natur beim Karpfen und seinen Verwandten in der früher geschilderten Weise die filtrierende Oberfläche vergrößert und in dem Gaumenpolster ein Organ geschaffen, den durch das Porensystem des Kiemenfilters abfließenden Wasserstrom zu beschleunigen. Die Zusammensetzung der Nahrung hat dagegen auf den Ausbau des Kiemenkorbes gar keinen

Einfluß. Die Nahrung der Cypriniden besteht je nach den gegebenen Verhältnissen hauptsächlich aus größeren Organismen, welche teils am und im Boden leben, teils sich über demselben zwischen den Pflanzen aufhalten, wie Muscheln, Schnecken, Würmer, Krebse, Insekten und Insektenlarven; daneben werden auch pflanzliche Stoffe und tierische Abfälle aufgenommen. Um diese grobstückigen Nahrungsstoffe im Rachen zurückzuhalten, wären keine so feinen Vorrichtungen notwendig, wie sie beispielsweise Karpfen und Karausche besitzen. Dazu würden auch einfachere Schutzwerke, wie sie andern Scharbewohnern mit ähnlicher Ernährungsweise eigen sind, vollauf genügen.

Noch weit dichtere Filter als bei den Cypriniden treffen wir bei *Mugil*, *Osphromenus* und vor allen Dingen bei *Plecostomus*. Leider sind wir über die Lebensgewohnheiten dieser Fische nur schlecht unterrichtet, doch deuten alle Angaben darauf hin, daß die genannten Species eine ähnliche Lebensweise führen wie der Karpfen. Nach BREHM (6, S. 162) bilden weiche und fettige Stoffe die bevorzugte Nahrung von *Mugil*, insbesondere Substanzen, welche bereits in Verwesung übergegangen sind. Die meiste Nahrung holen sie sich aus dem Grunde heraus. Nach GÜNTHER (12, S. 357) besuchen die Meeräschen häufig brackige Gewässer, in welchen sie eine reichliche Nahrung finden, die hauptsächlich aus organischen, mit Sand oder Schlamm vermengten Stoffen besteht. Nachdem sie dieselben eine Zeitlang zwischen den Schlundknochen bearbeitet haben, werfen sie den gröbsten und unverdaulichen Teil wieder aus. Über Vorkommen und Ernährungsweise des *Gurami* (*Osphromenus*) teilt BREHM (6, S. 190) folgendes mit: »Er lebt nach Art unsres Karpfens in ruhigen, reich mit Pflanzen bestandenen Wasserbecken. Er bevorzugt zwar solche mit reinem Wasser, gedeiht jedoch auch in schlammigen Teichen und Pfühlen, verbirgt sich gern in Höhlungen und ernährt sich von Pflanzenstoffen.« DUPETIT-THOUARS erfuhr jedoch, daß die *Gurami* auch gierig menschliche Auswurfstoffe einer in ihr Wohngewässer mündenden Cloake verzehrten.

Über die Lebensweise von *Plecostomus* habe ich leider gar keine Angaben finden können. Bei einem von mir untersuchten Exemplare war der unglaublich lange und genau wie bei Anurenlarven spiralg aufgerollte Darm mit feinem grauen Detritus vollgepfropft, dessen Natur bei dem schlechten Erhaltungszustande des Exemplars nicht bestimmt werden konnte.

Während in den soeben geschilderten Fällen die mit der Nahrung aufgenommenen Verunreinigungen die eigenartige Differenzierung des Kiemenfilters bestimmen, treten die Beziehungen zur Nahrung bei

Salmoniden und Clupeiden deutlicher hervor. Alle Glieder dieser Familien sind empfindliche Fische, welche an Sauerstoffgehalt und Reinheit des Wassers die höchsten Anforderungen stellen. Ihre bevorzugten Wohngebiete sind daher die pelagischen Regionen der größeren Binnenseen und des Meeres, klare Gebirgsbäche und große Ströme. Bei dieser Lebensweise ist unter normalen Verhältnissen die Gefahr einer Verunreinigung der Kiemen durch Schmutz sehr gering. Wenn trotzdem die Siebfortsätze oft sehr dicht stehen, kann nur die Art der Nahrung dafür verantwortlich gemacht werden.

Im ersten Abschnitte dieser Untersuchung habe ich geschildert, daß sich die in Rede stehenden Familien nach der Struktur ihrer Filter in zwei Gruppen scheiden lassen. Während die Mehrzahl der *Salmo*-Arten, *Thymallus* usw., ein grobes, aus wenigen kurzen Fortsätzen gebildetes Kiemenschutzwerk besitzen, verdichtet sich das Filter der meisten *Coregonus*-Arten, Clupeiden und *Osmerus* zu einem äußerst feinen Gitterwerk.

Daß die wechselnde Ausbildung der Siebfortsätze dem vorherrschenden Charakter der Nahrung angepaßt ist, läßt sich nicht von der Hand weisen. Erwachsene Huchen, Lachs, Forelle, Bachsaibling, Äsche und andre nehmen nur größere Beutestücke auf. Nach BREHM (6, S. 346) entnahm DAVY einem Huchen einen Aland, eine Äsche, einen Alben und zwei kleine Karpfen. SIEBOLD (32) erfuhr von Fischern, daß sie schon mehrmals Wasserratten beim Ausweiden großer Huchen fanden. ZSCHOKKE (44) nennt als Nahrung des Lachses im Meere Heringe, junge Aale, Sandaale, Weichtiere, Krebse und Würmer. HOEK (16, S. 169) fand im Darm junger, an der Flußmündung gefangener Lachse einige im Brackwasser häufige Kruster (*Gammarus locusta*, *Crangon vulgaris*, *Mysis vulgaris*). Die ganz jungen Lachse fressen nach demselben Autor (S. 176) in ihren Geburtsbächen Insekten und Insektenlarven, aber kein Plankton. Weder Copepoden noch Daphniden oder sonstige kleine Kruster wurden im Magen der in Freiheit lebenden Lächschen gefunden. Insekten und ihre Larven, Schnecken, Amphipoden, Fische usw. bilden die Nahrung der Bachforelle und Äsche. Der amerikanische Bachsaibling lebt nach VON DEM BORNE (9, S. 21) von Wasserinsekten, Crustaceen, Muscheln, Schnecken, Fliegen und kleinen Fischen. Er verschont auch seinesgleichen nicht, was er davon verschlingen kann.

Um diesen großen Organismen den Eintritt in die Kiemenhöhle zu wehren und damit eine Verletzung des respiratorischen Epithels

zu verhüten, genügen wenige, kräftige Fortsätze am innern Rande der Kiemenspalten.

Wesentlich geringeren Umfang haben die Nährtierchen der pelagischen Salmoniden und Clupeiden. Wenn auch nicht gelegnet werden kann, daß sie gelegentlich unter veränderten Verhältnissen anderer Beute nachstellen, nähren sie sich doch vorherrschend von kleinsten Planctonorganismen verschiedenster Art. Nach HEINCKE (cit. nach HOEK, 17) kann für alle Lokalformen des Herings gelten, daß die Nahrung der Hauptsache nach aus Tieren des Planctons besteht und zwar solchen, die über gewisse Areale in großer Individuenzahl verbreitet sind, wie Copepoden und Schizopoden. Auch MÖBIUS (22) stellte Copepoden als Hauptnahrung des Herings in der westlichen Ostsee fest. EHRENBAUM (cit. nach HOEK, 17) fand, daß der Mageninhalt der im Dollart gefangenen Sardellen (*Engraulis encrasicolus*) vorwiegend aus Crustaceen und zwar aus Copepoden und *Podopsis Slabberi*, außerdem aus jungen Garneelen bestand. Der Stint nährt sich nach ARNOLD (1) im Sommer hauptsächlich von *Leptodora*, seltener wurden *Bosmina*, *Hyalodaphnia*, *Diaptomus* und *Chydorus* im Magen gefunden. Im Winter waren *Hyalodaphnia*, *Bosmina*, *Cyclops* und *Anuraea* häufiger gefressen. Auch SCHIEMENZ (31) bestätigt, daß der Stint seiner ganzen Erscheinung nach ein Auftriebfresser sei, obgleich er in manchen Gewässern andern Gewohnheiten huldigt. Der Mageninhalt von 21 Maränen (*Coregonus albula*) setzte sich nach ARNOLD (1) hauptsächlich aus *Cyclops serrulatus* und einzelnen Rotatorien (*Anuraea cochlearis*) zusammen. Die Nahrung von *Coregonus fera*, welche die meisten Alpenseen bewohnt und sich in Tiefen von 70—80 m aufhält, besteht aus sehr kleinen Wassertieren, welche in der Tiefe der Binnenseen leben. Zu ihrer Beute zählen auch kleine Krebse, Wasserschnecken, Würmer und Kerbtierlarven. Ähnlicher Natur ist die Nahrung der Blaufelchen (*Coregonus Wartmanni*). Nach BADE (2) halten sie sich nur dort längere Zeit auf, wo Krebstiere, Muscheln und Insekten reichlich vorhanden sind; vorwiegend indessen folgen sie den Schwärmen der im Wasser frei schwebenden Kleintiere, dem Plancton, welches ihre Hauptnahrung ausmacht. Nach demselben Verfasser verbringt der Kilch (*Coregonus hiemalis*) sein Leben fast ausschließlich in den größten Tiefen, wo er seine meistens aus Erbsenmuscheln (*Pisidium*) bestehende Nahrung sucht.

Ohne Bedenken dürfen wir das zierliche Kiemenschutzgerüst dieser Fische zu der geringen Größe der Nährtierchen in Beziehung

bringen, denn bei der Weite der Kiemenspalten und der freieren Beweglichkeit der Kiemenbogen können kleine Organismen nicht allein leicht durch die Kiemenspalten entweichen, sondern sich auch zum Schaden der Fische im Geäst der Kiemenblättchen festsetzen. Dabei ist es ziemlich gleichgültig, ob die Beutetierchen, wie SCHIEMENZ (31) meint, einzeln verschluckt, oder in großen Massen auf einmal in den Rachen geschwemmt werden. Es wird das sicherlich ganz von den jeweilig herrschenden Verhältnissen abhängen.

Besonders deutlich tritt der Einfluß der wechselnden Nahrung auf das Kiemenfilter bei den Saiblingen hervor. Der amerikanische Bachsaibling (*Salmo fontinalis*) ist biologisch der Forelle verwandt und besitzt auch ein ganz ähnlich gebautes Filter. Der Saibling unsrer Alpenseen (*Salmo salvelinus*) dagegen ist nach HOFER (41, Anm.) infolge der geringen Scharentwicklung in den alpinen Seen hauptsächlich auf Planctonorganismen angewiesen. Das erkennt man auf den ersten Blick an seinem Kiemenfilter. Während die kräftige Bezahnung der Kiefergaumenknochen und der Zunge seine engen Beziehungen zu den übrigen *Salmo*-Arten bekunden, steht er hinsichtlich des Kiemenfilters, wie ich bereits betont habe, isoliert unter seinen Gattungsgenossen. Sein Filter ist viel dichter als bei *Salmo fontinalis*, *fario* usw. und erinnert mehr an die bei Coregonen herrschenden Verhältnisse, ohne jedoch eine gleich zierliche Struktur zu erreichen.

Das feine Gefüge des Filters von *Scomber* läßt sich ebenfalls auf die geringe Größe ihrer Beute zurückführen, obgleich es auch zum Fange größerer Tiere, wie junger Sprotten und Sardinen gebraucht wird.

Diese Beispiele mögen genügen, die biologische und physiologische Bedeutung des Kiemenfilters zu beleuchten. Daß auch noch andre Faktoren bei seiner Bildung mitwirkten, ist wohl anzunehmen. So meinte ja STEUER (34), daß neben biologischen auch phylogenetische und wahrscheinlich noch andre, uns vorläufig unbekannte Faktoren ausschlaggebend gewesen sein möchten. Man kann z. B. das enge Filter von *Plecostomus Commersonii* mit der Fähigkeit dieses Fisches, Landwanderungen auszuführen, in Zusammenhang bringen. Es ist nicht undenkbar, daß die feinen Fältelchen und Röhrchen des Kiemenbogenepithels durch Capillarität eine beträchtliche Menge Wasser zurückzuhalten imstande sind, dessen Verdunstung die Kiemen während des Landlebens vor dem Vertrocknen schützt. Bei andern Panzerwelsen finden wir allerdings keine derartigen Ein-

richtungen. Es ist mir gegenüber auch einmal die Vermutung ausgesprochen worden, ob die Siebfortsätze nicht, wie der Strahlregler am Abflußbahn einer Wasserleitung, den die Kiemenspalten passierenden Wasserstrom zu regulieren und gleichmäßig zu verteilen berufen seien. All' das sind aber nur Vermutungen. Als gesichert dürfen wir allein die bereits von den ältesten Autoren vertretene Erkenntnis betrachten, daß das Kiemenfilter ein Schutzapparat ist, der den Eintritt grober Gegenstände in die Kiemenhöhle verhindern soll. Da aber die schädlichen Stoffe Schlamm- und Schmutzpartikel oder lebende Organismen sein können, dient es nicht der Atmung allein, sondern hat auch für die Ernährung Wert. Je nach den Lebensgewohnheiten tritt bald die eine, bald die andre Funktion mehr hervor. Bei Bodenformen bestimmen die dem Atemwasser und der Nahrung beigemischten Verunreinigungen die Dichte und Oberflächengröße des Filters. Bei pelagischen Fischen, die in klarem Wasser leben, hängt seine Struktur dagegen von der Größe der Beutetiere ab. Wenn damit auch gewisse Beziehungen zwischen Filter und Nahrung zugestanden werden, darf man doch nicht aus der Beschaffenheit des Filters ohne weiteres auf die Nahrung jedes einzelnen Fisches schließen. Darüber können nur Darmuntersuchungen entscheiden.

Erlangen, den 1. Mai 1906.

Literaturverzeichnis.

1. ARNOLD, Über die Fischnahrung in den Binnengewässern. Verh. V. intern. Zool. Kongr. Berlin 1901. S. 553.
2. BADE, Die mitteleuropäischen Süßwasserfische. Berlin 1902.
3. BERGMANN u. LEUCKART, Anatomisch-physiologische Übersicht des Tierreiches. Stuttgart 1852.
4. VON DEM BORNE, Sechs amerikanische Salmoniden. Neudamm 1890.
5. BOULENGER, Übersicht der Unterordnungen und Familien der Teleosteer. Übersetzt von HILGENDORF. Arch. f. Naturg. 70. Jahrg. Bd. I. S. 197. 1904.
6. BREHM, Tierleben. 3. Aufl. Bd. VIII. 1896.
7. CUVIER et VALENCIENNES, Histoire naturelle des poissons. Paris 1828.
8. DAHLGREN, The maxillary and mandibular breathing Valves of Teleost-Fishes. Rep. fr. Zool. Bull. Vol. II, 3. Boston 1898.
9. DUNCKER, Variation und Verwandtschaft von *Pleuronectes flesus* L. und *P. platessa* L. Wiss. Meeresunters. N. F. I. S. 47. 1896.

10. GEGENBAUR, *Vergl. Anatomie der Wirbeltiere*. Bd. II. S. 225. 1901.
11. GOETTE, *Zur Entwicklungsgeschichte der Teleosteerkieme*. *Zool. Anz.* I. 1878.
12. GÜNTHER, *Handbuch der Ichthyologie*. 1886.
13. HEINCKE, *Untersuchungen über die Zähne niederer Wirbeltiere*. Diese Zeitschrift. Bd. XXIII. S. 495. 1873.
14. — *Naturgeschichte des Herings*. *Abhandl. des deutschen Seefischereivereins*. Bd. II, 1. 1898.
15. HECKEL u. KNER, *Die Süßwasserfische der österreichischen Monarchie*. 1858.
16. HOEK, *Neuere Lachs- und Maifischstudien*. *Tijdschrift der nederlandse Dierkundige Vereeniging*. (2.) VI, 3. S. 213. 1899.
17. — *Die Literatur der wichtigsten Nutzfische der Nordsee*. *Cons. perm. intern. p. l'explorat. de la mer. Publ. de circonstance*. No. 3. 1903.
18. HOPPE, *Untersuchungen über den Kauapparat des Cypriniden Leuciscus rutilus*. *Diss.* Leipzig 1894.
19. IMMS, *Notes on the Gill-Rakers of the Spoonbill Sturgeon, Polyodon spatula*. *Proc. of the Zool. Soc. of London*. Vol. XI. p. 22. 1904.
20. LEUNIS, *Synopsis*. Bd. I. S. 639. 1883.
21. MEYER, *Die Kiemenhöhle und das Kiemengerüst der Labyrinthfische*. *Diss.* Bern 1904.
22. MÖBIUS, *Kommissionsberichte*. Kiel. S. 140. 1871.
23. MOROFF, *Über die Entwicklung der Kiemen bei Knochenfischen*. *Arch. f. mikr. Anat. u. Entwicklungsgesch.* Bd. LX. 1902.
24. NÜSSLIN, *Zur Gangfischfrage*. *Allgem. Fisch.-Zeitung*. München. S. 277. 1901.
25. PETERS, *Über das Kiemengerüst der Labyrinthfische*. *MÜLLERS Arch.* S. 427. 1853.
26. POPTA, *Les Appendices des arcs branchiaux des poissons*. *Ann. sc. nat.* 7. sér. Tom. XII. p. 139. 1901.
27. — *Les arcs branchiaux de quelques Muraenidae*. *Ann. sc. nat. Zool.* 8. sér. tom. XIX. S. 367. 1904.
28. RAUCH, *Der Zander*. *Fisch.-Zeitung*. Neudamm. S. 40. 1900.
29. RAUSCHENPLAT, *Über die Nahrung einiger Tiere aus der Kieler Bucht*. *Wiss. Meeresunters.* N. F. Bd. V. Abt. Kiel. S. 83. 1901.
30. SCHIEMENZ, *Die Zoologie im Dienste der Fischerei*. *Verh. V. intern. Zool.-Kongr.* Berlin 1901. S. 579.
31. — *Wie frißt der Fisch?* Vortrag, gehalten am 28. Okt. 1905 in Weimar in der Hauptversammlung des Thüring. Fischereiver. *Deutsche Fisch.-Zeitung*. Stettin.
32. SIEBOLD, *Die Süßwasserfische von Mitteleuropa*. 1863.
33. SIEBOLD u. STANNIUS, *Lehrbuch der vergl. Anatomie*. Bd. II. S. 43. 1848.
34. STEUER, *Über das Kiemenfilter und die Nahrung adriatischer Fische*. *Verh. k. k. zool.-bot. Ges. Wien*. S. 275. 1905.
35. SUSTA, *Die Ernährung des Karpfens und seiner Teichgenossen*. Stettin 1888.
36. TROSCHEL, *Über die Bewaffnung der Kiemenbogen der Fische*. *Arch. f. Naturgesch.* 15, I. S. 376. 1849.
37. THILO, *Die Vorfahren der Schollen*. *Bulletin de l'Acad. Imp. des Sc. de St. Pétersbourg*. V. Sér. Bd. XIV. Nr. 3. 1901.
38. WALTER, *Das Kiemenfilter der Süßwasserfische*. *Fischereizeitung*, Neudamm. Bd. VI. 1903.

39. ZANDER, Studien über das Kiemenfilter bei Süßwasserfischen. Diese Zeitschrift. Bd. LXXV. S. 233. 1903.
 40. — Referat darüber von MAIER. Zool. Centralbl. Bd. XII. 1905.
 41. — Neuere Untersuchungen über die natürliche Nahrung der Süßwasserfische. Allg. Fisch-Zeitung. 1903.
 42. ZOGRAFF, Über den sog. Labyrinthapparat der Labyrinthfische (Labyrinthici). Biol. Centralbl. Bd. V. S. 679. 1885.
 43. — On the Construction and Purpose of the so-called Labyrinthic Apparatus of the Labyrinthici Fishes. Quart. Journ. of micr. science. Bd. XXVIII. S. 501. 1888.
 44. ZSCHOKKE, Der Lachs und seine Wanderungen. Stuttgart 1905.

Erklärung der Abbildungen.

Für alle Figuren gültige Bezeichnungen:

<i>D</i> , dorsaler Bogenschenkel;	<i>P</i> , Gaumenpolster;
<i>G</i> , Bogengrat;	<i>S</i> , Siebfortsätze;
<i>K</i> , Kiemenblättchen;	<i>V</i> , ventraler Bogenschenkel;
<i>O.i</i> , Ossa pharyngea inferiora;	<i>W</i> , Bogenwinkel;
<i>O.s</i> , Ossa pharyngea superiora;	<i>I—V</i> , Kiemenpalten.

Tafel XXX und XXXI.

- Fig. 1. Rechte Hälfte des Rachenbodens von *Lophius piscatorius*. *F*, ventrale Verschluffalte am Mundrande; *Z*, Zähne.
 Fig. 2—16. Biserial-symmetrische Filter.
 Fig. 2. Kiemenfilter von *Cottus scorpius*.
 Fig. 3. *Callionymus lyra*.
 Fig. 4. Linke Hälfte des Kiemenfilters von *Lota molva*.
 Fig. 5. Dieselbe von *Raniceps raninus*.
 Fig. 6. Dieselbe von *Callichthys asper*. *F*, Falten am ventral-medialen Winkel der dritten Kiemenpalte.
 Fig. 7—9. *Plecostomus Commersonii*.
 Fig. 7. Einblick in die Rachenhöhle vom Munde her. *F*, Filterfurchen. Vergrößert.
 Fig. 8. Stück eines Kiemenbogens. Vergr. 5:1.
 Fig. 9. Ansicht des Kiemenkorbes von außen, um die abweichende Stellung der Kiemenblättchen zu zeigen.
 Fig. 10. Seitliche Ansicht des Kiemenkorbes von *Leuciscus rutilus*.
 Fig. 11. Kiemenfilter von *Barbus fluviatilis*.
 Fig. 12. Linke Hälfte des Kiemenfilters von *Cyprinus carpio*.
 Fig. 13. Seitenansicht des Kiemenkorbes von *Cyprinus carpio*.
 Fig. 14. Linke Hälfte des Kiemenfilters von *Carassius vulgaris*.
 Fig. 15. Rechte Hälfte des Kiemenfilters von *Leuciscus rutilus*.
 Fig. 16. Linke Hälfte des Kiemenfilters von *Abramis brama*.
 Fig. 17—25. Dimorph-monacanth Filter.
 Fig. 17. Seitenansicht des Kiemenkorbes von *Gadus morrhua*.
 Fig. 18. Linke Hälfte des Kiemenfilters von *Labrax lupus*.

- Fig. 19. Rechte Hälfte des Kiemenfilters von *Perca fluviatilis*.
 Fig. 20. Linke Hälfte des Kiemenfilters von *Gadus morrhua*.
 Fig. 21. Rechte Hälfte des Kiemenfilters von *Gadus aeglefinus*.
 Fig. 22. Dieselbe von *Gadus virens*.
 Fig. 23. Dieselbe von *Coryphaena hippurus*.
 Fig. 24. Linke Hälfte des Kiemenfilters von *Scomber scomber*. Etwas vergrößert.
 Fig. 25. Rechte Hälfte des Kiemenfilters von *Caranx trachurus*.
 Fig. 26—37. Dimorph-polyacanth Filter.
 Fig. 26. Linke Hälfte des Kiemenfilters von *Trachinus draco*.
 Fig. 27 u. 28. Dieselbe von *Mugil cephalus*.
 Fig. 27. Innenansicht.
 Fig. 28. Außenansicht nach Entfernung der Kiemenblättchen.
 Fig. 29. *Rhombus maximus*. a, Seitenansicht des Kiemenkorbes der Augenseite; b, Seitenansicht des Kiemenkorbes der blinden Seite; c, rechte Hälfte des Kiemenfilters.
 Fig. 30. Kiemenfilter von *Drepanopsetta*.
 Fig. 31. Dasselbe von *Solea vulgaris*.
 Fig. 32. Dasselbe von *Pleuronectes platessa*.
 Fig. 33. Seitenansicht des Kiemenkorbes von *Salmo irideus*.
 Fig. 34. Linke Hälfte des Kiemenfilters von *Coregonus Wartmanni*.
 Fig. 35. Rechte Hälfte des Kiemenfilters von *Salmo fario*.
 Fig. 36. Linke Hälfte des Kiemenfilters von *Salmo salvelinus*.
 Fig. 37. Rechte Hälfte des Kiemenfilters von *Clupea finta*.
 Fig. 38. Dieselbe von *Conger vulgaris*.

Erklärung der Tabellen.

Tab. I—III. Zahl der Siebfortsätze.

Tab. IV u. V. Oro-ösophageale Verbreitung der Siebfortsätze. *Kd*, Kiemendeckel; I—V, Kiemenbogen; *v*, vordere, *h*, hintere Bogenkante.

Tab. VI—X. a. Längenverhältnis der Schenkel des ersten Kiemenbogens. *V*, absolute Länge des ventralen, *D*, des dorsalen Bogenschenkels. — b. Längenverhältnis der ventralen (*V*) und dorsalen Hälfte (*D*) der zweiten Kiemenspalte. — c. Absolute Länge der fünften Kiemenspalte. — d. Prozentverhältnis der vorderständigen Siebfortsätze beider Schenkel des ersten, e. des zweiten Kiemenbogens. *Va*, Zahl der Siebfortsätze des ventralen, *Da*, des dorsalen Bogenschenkels. — f. Relative Dichte des Filters an der vorderen Kante des ventralen Schenkels des ersten Kiemenbogens, berechnet aus der Länge dieses Bogenstückes und der Anzahl von ihm entspringender Siebfortsätze.

Maße in Millimetern.

Rechts

Tabelle I.

Links

V	IV		III		II		I		Kd	Species	Kd	I		II		III		IV		V
	v	h	v	h	v	h	v	h				v	h	v	h	v	h	v	h	
6	7	10	8	13	8	15	—	14	—	<i>Salmo fontinalis</i>	—	14	—	8	15	8	13	7	10	5
?	9	9	8	12	3	12	—	14	—	» <i>lucho</i>	—	14	—	3	12	8	12	9	9	?
7	7	10	10	15	14	17	—	18	—	» <i>salar</i>	—	18	—	14	17	10	15	7	10	?
6	7	9	8	13	10	15	2	18	—	» <i>fario</i>	—	18	2	10	15	8	13	6	9	6
9	10	20	15	23	10	24	3	28	—	» <i>salvelinus</i>	—	28	3	20	24	15	23	9	20	6
7	6	14	14	19	19	21	19	22	—	<i>Thymallus vulgaris</i>	—	22	19	19	21	14	19	7	14	9
7	8	12	11	17	16	19	—	19	—	<i>Coregonus hiemalis</i>	—	19	—	16	19	11	17	7	12	7
11	11	15	15	17	18	21	17	21	—	» <i>fera</i>	—	21	17	18	21	15	17	11	15	11
16	17	27	23	32	38	37	37	33	—	» <i>Wartmanni</i>	—	33	37	38	37	32	38	16	27	16
12	13	29	24	38	27	42	—	45	—	» <i>albata</i>	—	45	—	27	42	24	38	12	29	15
17	13	30	9	44	—	55	—	62	—	<i>Clupea harengus</i>	—	62	—	—	55	9	44	17	30	12
27	20	26	—	32	—	38	—	38	—	» <i>fonta</i>	—	38	—	—	38	—	32	26	20	28
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	» <i>albosa</i> (nach HOEK)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
19	24	25	24	25	27	26	26	26	—	<i>Cyprinus carpio</i>	—	26	26	27	26	24	25	19	24	19
12	13	18	19	19	23	24	23	23	—	<i>Abramis brama</i>	—	23	23	23	24	19	19	12	18	13
11	13	16	17	18	20	19	19	14	—	<i>Tinca vulgaris</i>	—	14	19	20	19	17	18	11	16	12
18	20	32	33	33	36	39	37	30	—	<i>Carassius vulgaris</i>	—	30	37	36	39	33	33	18	32	18
9	11	13	12	13	12	13	13	—	—	<i>Cobitis fossilis</i>	—	—	13	12	13	12	13	9	13	10
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	<i>Chondrostoma nasus</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	19
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	<i>Leuciscus rutilus</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	<i>Squalius cephalus</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	<i>Silurus glanis</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	9
10	12	12	13	16	17	16	14	12	8	<i>Loricaria cataphracta</i>	7	12	15	16	16	14	12	10	12	12
14	13	16	16	—	—	18	9	15	—	<i>Callithys asper</i>	—	15	18	—	18	9	—	14	16	14

Tabelle II.

Links

Rechts

V	IV		III		II		I		Kd	Species	Kd	I		II		III		IV		V
	v	h	v	h	v	h	v	h				v	h	v	h	v	h	v	h	
8	10	12	14	13	14	15	18	21	—	<i>Gasterosteus aculeatus</i> .	—	18	21	14	15	13	14	17	20	9
—	7	10	12	11	10	12	11	16	—	» <i>spinachia</i> .	—	11	16	10	12	11	9	11	13	—
8	6	9	9	10	9	9	7	6	2	<i>Synnathus rubescens</i> .	1	7	6	9	8	10	10	9	8	7
5	6	9	8	9	9	8	8	3	3	<i>Hippocampus spec.</i> . . .	3	8	3	9	9	10	9	6	9	7
—	—	16	17	20	15	19	13	34	—	<i>Delone vulgaris</i>	—	13	34	15	19	21	17	11	19	—
—	6	11	12	11	12	14	13	20	—	<i>Exocoetus exilis</i>	—	13	20	12	14	12	11	13	13	—
—	—	10	12	15	—	19	—	21	—	<i>Ammodytes tobianus</i> . . .	—	—	21	—	18	15	12	—	18	—
—	6	7	7	7	7	7	7	10	—	<i>Anabas scandens</i>	—	7	10	7	7	8	7	9	7	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	<i>Spirobranchus capensis</i> . .	—	—	—	—	—	—	—	6	7	—
—	2	13	13	16	17	20	20	22	—	<i>Gadus merlangus</i>	—	20	22	17	20	17	15	17	18	—
—	—	—	10	12	13	14	14	16	—	» <i>minutus</i>	—	14	16	13	14	13	12	15	14	—
—	—	16	15	17	19	20	20	29	—	» <i>aculeatus</i>	—	20	29	19	20	21	18	22	21	—
—	—	15	15	19	20	24	24	37	—	» <i>virens</i>	—	24	37	20	24	23	18	24	23	—
—	—	11	12	13	14	14	15	19	—	» <i>morhua</i>	—	14	19	14	15	14	13	16	15	—
—	—	11	12	10	12	14	13	12	—	<i>Phycis blennoides</i>	—	12	12	14	14	12	13	11	14	—
—	—	17	18	22	17	22	19	24	—	<i>Mertucus vulgaris</i>	—	17	24	17	22	19	18	26	19	—
—	—	7	8	8	8	10	10	8	—	<i>Motella mustela</i>	—	10	8	8	10	9	10	9	9	—
—	—	10	12	10	14	12	14	13	—	<i>Raniceps raninus</i>	—	14	13	12	14	10	9	14	11	—
—	—	5	7	10	8	11	8	13	—	<i>Lota moba</i>	—	8	13	11	10	9	10	7	10	—
—	—	6	7	7	9	8	9	6	—	» <i>vulgaris</i>	—	9	6	9	8	9	9	9	9	—

Tabelle VI.

Nr.	Clupeidae, Salmonidae	a.		b.		c.		d.			e.			f.		
		I B.		II Sp.		V Sp.		Siebforts. I v			Siebforts. II v			rel. Dichte I V v		
		V	D	V	D	V	V	Da	V%	D%	Va	Da	V%		D%	
1	<i>Clupea harengus</i>	20	10	2	6	3	5	44	20	68,8	31,2	42	18	70,0	30,0	0,45
2	» <i>fonta</i>	39	20	1,9	17	2,1	16	27	13	67,5	32,5	26	12	68,4	31,6	1,44
3	<i>Engraulis encrasicolus</i>	16	10	1,6	7	1,7	4	34	30	53,2	46,8	—	—	—	—	0,47
4	<i>Salmo salvelinus</i>	28	15	1,8	25	12,5	12	19	10	65,5	34,5	16	10	61,2	38,8	1,5
5	» <i>fontinalis</i>	17	10	1,7	24	15	—	10	5	66,7	33,3	11	5	68,8	31,2	1,7
6	» <i>huelo</i>	60	40	1,5	54	28,5	—	9	3	75,0	25,0	11	3	78,6	21,4	6,6
7	» <i>salar</i>	14	8	1,6	11	6	5	11	7	61,2	38,8	9	8	52,9	47,1	1,3
8	» <i>fario</i>	36	22	1,6	36	17	13	11	6	64,5	35,5	10	5	66,7	33,3	3,3
9	<i>Coregonus hiemalis</i>	14	8	1,6	10	6	6,5	11	9	55,0	45,0	13	7	65,0	35,0	1,3
10	» <i>fera</i>	25	14	1,7	22	12	11	13	9	50,9	49,1	13	8	61,9	38,1	1,9
11	» <i>Wartmanni</i>	23	14	1,6	20,5	12	12,5	22	11	66,7	33,3	23	14	62,2	37,8	1,05
12	» <i>albula</i>	14	8	1,6	12	7	5	29	14	67,5	32,5	24	18	57,2	42,8	0,5
13	<i>Thymallus vulgaris</i>	25	13	1,9	20	10	10	13	10	56,6	43,4	11	9	55,0	45,0	1,9
	Mittelwerte	—	—	1,7	—	1,9	—	—	—	63,1	36,9	—	—	69,2	30,8	—

Tabelle VII.

Nr.	Pleuronectidae		a.		b.		c.		d.				e.		f.		
	Species	I B.		V	II Sp.		V Sp.	V	Siebforts. I v		Siebforts. II v		rel. Dichte I V v	D%	D%		
		D	V/D		V	D			Va	V%	Da	V%				Va	V%
1	<i>Rhombus maximus</i>	60	2,5	48	11	4,3	11	13	4	76,5	23,5	10	2	83,4	16,6	4,5	
2	<i>Pleuronectes microcephala</i>	9	1,5	5,5	1,8	3,1	3	8	7	53,4	46,6	12	2	85,6	14,4	1,1	
3	» <i>limanda</i>	22	2	15	2	7,5	4	8	5	69,3	30,7	9	1	90,0	10,0	2,7	
4	» <i>platessa</i>	25	2,5	16	2,5	6,4	4	7	9	43,8	56,2	10	0	100	0	3,6	
5	<i>Drepanopsetta</i> spec.	23	2,9	17	5	3,4	7	10	1	91,9	9,1	9	1	90,0	10,0	2,3	
6	<i>Arnoglossus laterna</i>	12	4	3	10	2	5	3	9	0	100	0	8	0	100	0	1,3
7	<i>Solea vulgaris</i>	16	8	2	11	0	—	3	4	42,9	57,1	4	0	100	0	5,3	
	Mittelwerte	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		—	2,4	—	—	4,9	—	—	—	68,2	31,8	—	—	92,7	7,3	—	

Tabelle VIII.

Nr.	Cyprinidae, Siluridae		a.		b.		c.		d.				e.		f.		
	Species	I B.		V	II Sp.		V Sp.	V	Siebforts. I v		Siebforts. II v		rel. Dichte I V v	D%	D%		
		D	V/D		V	D			Va	V%	Da	V%				Va	V%
1	<i>Cyprinus carpio</i>	65	—	—	—	—	—	—	29	0	100	0	28	0	100	0	2,2
2	<i>Abramis brama</i>	41	—	—	—	—	—	—	22	0	100	0	23	0	100	0	1,9
3	<i>Tinea vulgaris</i>	24	—	—	—	—	—	—	22	0	100	0	19	0	100	0	1,09
4	<i>Carassius vulgaris</i>	30	—	—	—	—	—	—	38	0	100	0	37	0	100	0	0,8
5	<i>Cobitis fossilis</i>	12	—	—	—	—	—	—	13	0	100	0	14	0	100	0	0,9
6	<i>Leuciscus rutilus</i>	20	8	2,5	17	0	—	—	14	0	100	0	—	—	—	—	1,5
7	<i>Squalius cephalus</i>	21	10	2,1	16	3	5,3	—	—	—	—	—	11	1	96,7	8,3	1,6
8	<i>Loricaria cataphracta</i>	10	—	—	—	—	—	—	12	0	100	0	15	0	100	0	0,85
9	<i>Calliechthys asper</i>	12	9	1,8	—	—	—	—	14	0	100	0	18	0	100	0	0,85
10	<i>Plecostomus Commersonii</i>	12	11	1,1	—	—	—	—	72	66	52,1	47,9	—	—	—	—	0,2
	Mittelwerte	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	98,6	1,4	—	

Tabelle IX.

Nr.	Gadidae Species	a.			b.			c.			d.			e.			f.
		V	I B. D	V D	V	II Sp. D	V D	V Sp. V	Va	Siebforts. I v Da	V%	D%	Va	Siebforts. II v Da	V%	D%	rel. Dichte I V _v
1	<i>Gadus merlangus</i>	50	10	5	39	4	9,8	10	21	2	91,3	8,7	16	2	88,9	11,1	2,4
2	» <i>minutus</i>	29	11	2,6	21	3	7,0	6	16	2	88,9	11,1	13	1	92,9	7,1	1,8
3	» <i>aculeatus</i>	37	7	5,3	30,5	1	30,5	9	24	5	82,9	17,1	—	—	—	—	1,5
4	» <i>virens</i>	107	20	5,3	80	8	10,0	23	31	7	81,6	18,4	21	2	91,3	8,7	3,5
5	» <i>morrhua</i>	51	17	3	37	4	9,2	7,5	15	4	78,9	21,1	15	0	100	0	3,4
6	<i>Merluccius vulgaris</i>	108	33	3,3	94	15	6,3	32	22	4	84,6	15,3	21	4	84,0	16,0	4,9
7	<i>Motella mastela</i>	17	6	2,8	11	1	11,0	2,5	8	0	100	0	9	0	100	0	2,1
8	<i>Raniceps raninus</i>	38	10	3,8	30	5	6,0	5	8	4	66,7	33,3	10	3	76,3	23,7	4,7
9	<i>Lota lota</i>	73	23	3,2	58	5	10,5	15	12	1	92,4	7,6	9	1	90,0	10,0	6
10	» <i>vulgaris</i>	21	6	3,5	15	1	15	5	8	1	88,9	11,1	9	0	100	0	2,6
	Mittelwerte	—	—	3,8	—	—	11,5	—	—	—	77,6	22,4	—	—	91,5	8,5	—

Tabelle X.

Nr.	Acanthopterygii etc.										f.					
	a.			b.			c.		d.			e.				
	I B.		V	II Sp.		V	V	V Sp.	Va	Da	V%	D%	Va	Da	V%	D%
1	34	7	4,8	2	13	11	28	4	87,2	12,8	10,5	17	2	89,5	10,5	1,2
2	8	2	4	6	—	3	16	4	80,0	20,0	0	15	0	100	0	0,5
3	14	6	2,4	9	3,6	4	9	1	90,0	10,0	0	7	0	100	0	1,6
4	13,5	5	2,7	9	3,5	3,5	6	0	100	0	0	7	0	100	0	1,9
5	20	10	2,0	19	7	7	17	6	73,5	26,5	20,0	12	3	80,0	20,0	1,2
6	31	15	2,1	27	8	3,3	19	8	70,3	29,7	22,2	14	4	87,8	22,2	1,6
7	52	34	1,6	45	24	1,9	20	8	66,7	33,3	45,4	6	5	54,6	45,4	6,5
8	12	5	2,4	9	2	4,5	2	10	100	0	0	10	0	100	0	1,2
9	17	8	2,1	16	4,5	—	12	6	66,7	33,3	20,2	12	3	80,0	20,2	1,4
10	42	16	2,6	36	9	4	19	44	72,3	27,7	22,2	28	8	87,8	22,2	0,9
11	53	21	2,6	42	10	4,2	23	34	78,9	29,1	23,1	30	9	76,9	23,1	1,3
12	24	11	2,2	19	3	6,3	—	9	64,3	35,7	7,6	12	1	92,4	7,6	2,6
13	42	13	2,5	38	7	5,4	14	23	82,9	17,1	15,0	17	3	85,0	15,0	3,2
14	26	15	1,7	22	10	2,2	5	14	58,3	41,7	29,3	12	5	70,7	29,3	1,5
15	21	9	2,3	14	—	—	—	—	—	—	0	5	0	100	0	4,2
16	9	4	2,2	6,5	—	—	6	0	100	0	0	5	0	100	0	1,5
17	50	21	2,4	38	5	7,6	17	13	82,2	18,8	25,0	9	3	75,0	25,0	3,8
18	7	3	2,3	6	—	—	2	6	75,0	25,0	25,0	6	2	75,0	25,0	1,1
19	11	—	—	7	—	—	4	11	100	0	0	12	0	100	0	1
20	27	10	2,7	21	6	3,5	4	13	72,3	27,7	15,0	12	2	85,0	15,0	2,1
21	14	5	2,8	10	3,5	2,8	3	40	88,9	11,1	—	—	—	—	—	0,35
22	15	7	2,1	12	4	3	5,5	13	59,1	40,9	10,0	9	1	90,0	10,0	1,2
23	17	6	2,8	13	1,5	8,5	8,5	13	72,3	27,7	0	13	0	100	0	1,3
24	4,5	3	1,5	4,5	1,5	3	2,5	17	100	0	0	14	0	100	0	0,25
25	8,5	3	2,8	—	—	—	—	103	100	0	—	—	—	—	—	0,11
26	13	7,5	1,7	12	2	6	—	12	85,7	14,3	7,1	13	1	92,9	7,1	1,06
27	13	4	3,2	11	—	—	5	26	72,3	27,7	0	16	0	100	0	0,5
			2,4	—	—	—	—	—	81,2	18,8	11,4	—	—	88,6	11,4	—
			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Mittelwerte

Berichtigung.

Seite 345 (Heft 2) letzte Zeile soll es nicht heißen »pericelluläre Tastscheiben«, sondern »epicelluläre«.

Fig. 1.

Lophius piscatorius.



Fig. 6.

Callichthys asper.



Fig. 8.

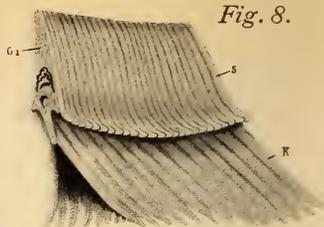


Fig. 7.

Plecostomus Commersonii.

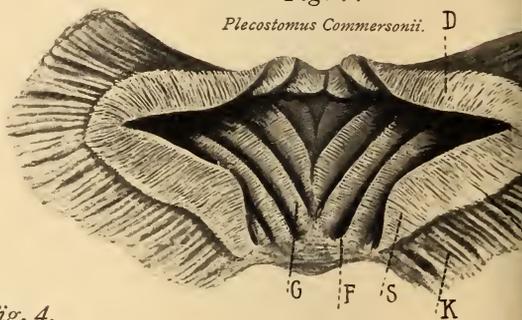


Fig. 2.

Cottus scorpius.

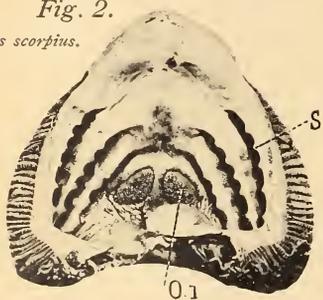


Fig. 4.

Lota lotwa.



Fig. 17.

Gadus morrhua.



Fig. 3.

Callionymus lyra.

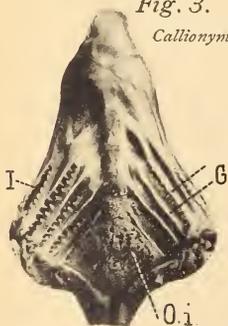


Fig. 18.

Labrax luyus.

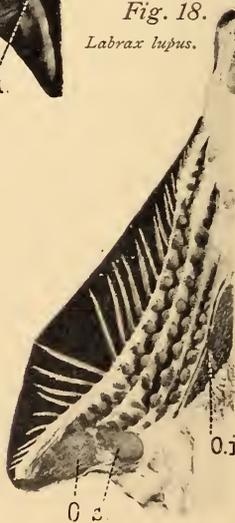


Fig. 5.

Raniceps raninus.

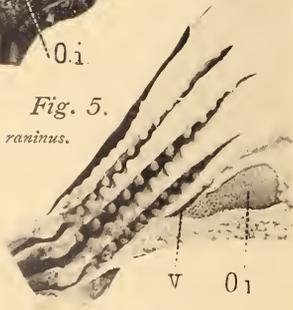


Fig. 19.

Perca fluvia.



Fig. 11.

Barbus fluviatilis.

Fig. 12.

Cyprinus carpio.

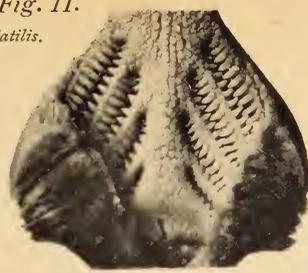
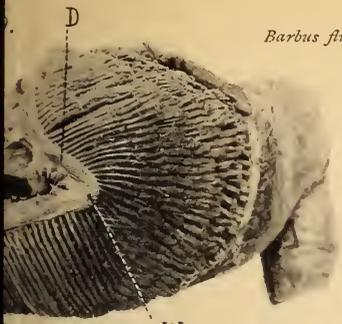


Fig. 15.

Leuciscus rutilus.

Fig. 13.

Cyprinus carpio.

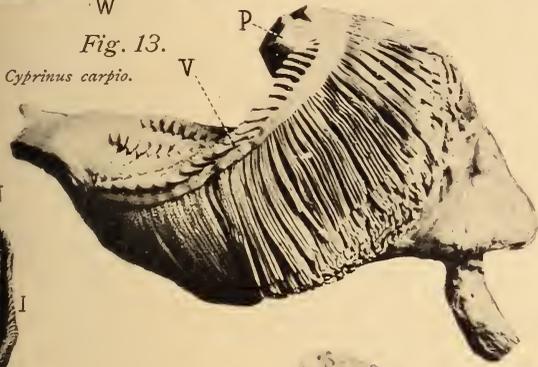


Fig. 14.

Carassius vulgaris.

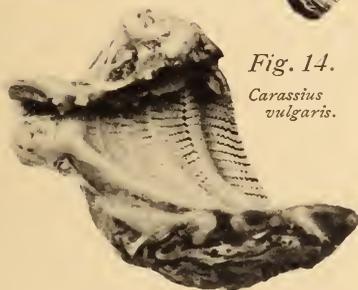


Fig. 20.

as morrhua.

Fig. 21.

Gad. aeglefinus.



Fig. 22.

Gad. virens.



Fig. 16.

Abramis brama.



W



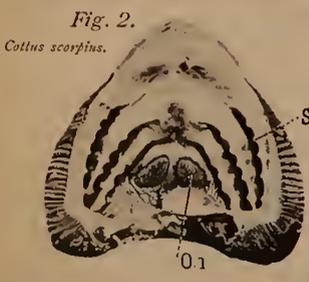
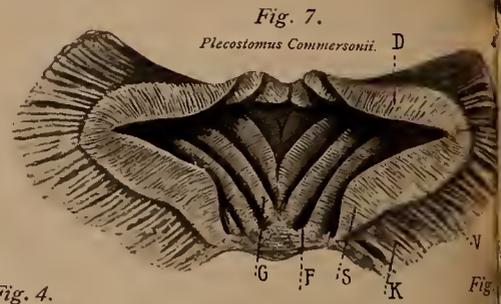
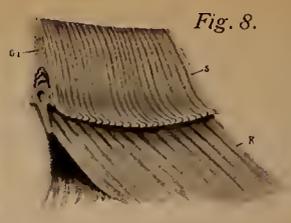
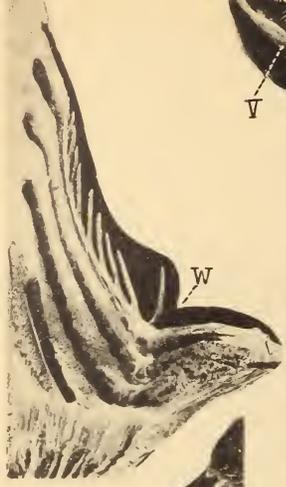


Fig. 23.

Coryphaena hippurus.



0 s.

Fig. 27.



Mugil cephalus.

Fig. 28.

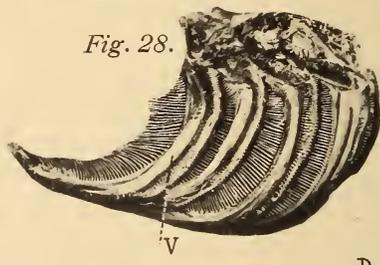


Fig. 30.

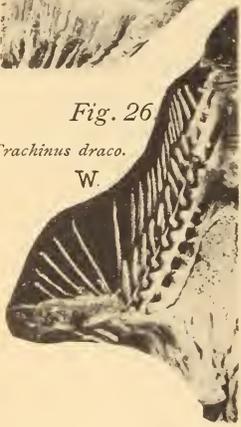
Drepanopsetta



Fig. 26.

Trachinus draco.

W



D

Fig.

Rhom

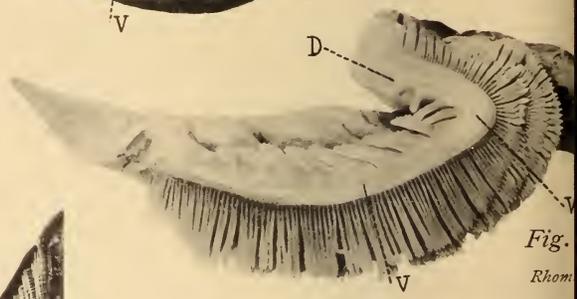


Fig. 24.

Scomber scomber.

W

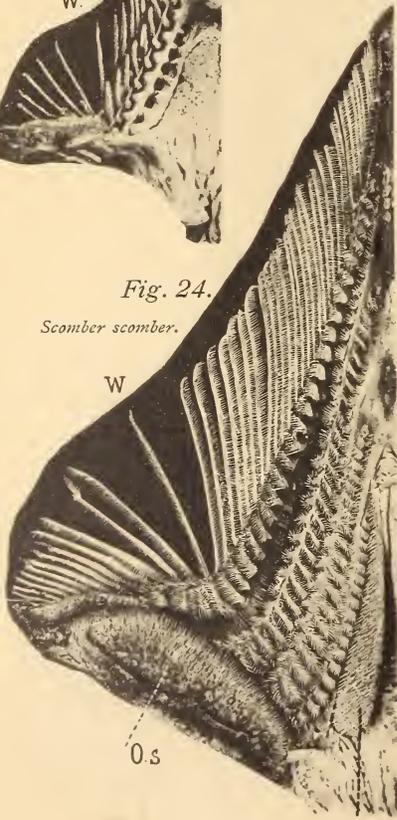


Fig.

Fig. 25.

Caranx trachurus.



Fig. 31.

Solea vulgaris.



0.s

0.i

0.i

0.s

Fig. 29 c.

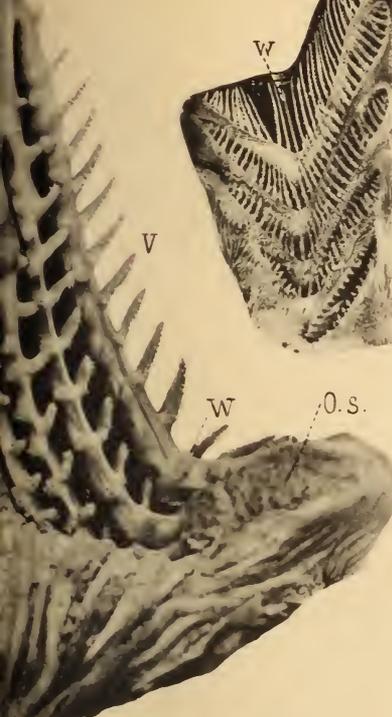


Fig. 34.

Coregonus hiemalis.



Fig. 35.

Salmo fario.



Fig. 36.

Salmo salvelinus.



Fig. 37.

Clupea finta.



Fig. 32.

Pleuronectes platessa.

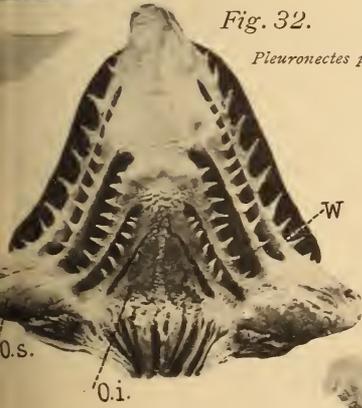


Fig. 38.

Conger vulgaris.



Fig. 33.

Salmo irideus.



Fig. 23.

Coryphaena hippurus.



O.s.

Fig. 27.



Mugil cephalus.

Fig. 28.



Fig. 30.

Drepanopselta



Fig. 29 c.



Fig. 29 a.

Rhombus maculatus.

Fig. 29 b.

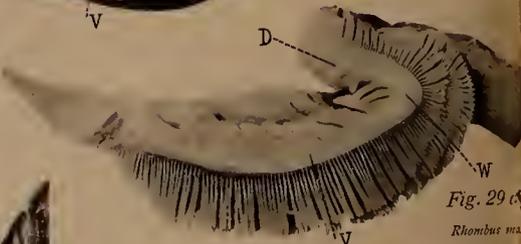


Fig. 26.

Trachinus draco.



Fig. 34.

Coregonus hiemalis.



Fig. 35.

Salmo fario.



Fig. 36.

Salmo salvelinus.



Fig. 37.

Clupea finla.



Fig. 38.

Conger vulgaris.



Fig. 32.

Pleuronectes platessa.



Fig. 25.

Caranx trachurus.



Fig. 31.

Solea vulgaris.



Fig. 33.

Salmo irideus.



O.s.

O.i.

O.i.

O.s.

O.s.

O.i.