Welches Unheil die Konfusion in der osmotischen Terminologie anrichten kann, zeigt Hannig[29]), dessen ganze Arbeit auf der falschen Annahme zu basieren scheint, man könne durch Bestimmung des osmotischen Wertes bei Grenzplasmolyse auf die Saugkraft der Zelle schließen. Die gleiche Verwechslung wiederholt sich später bei Senn[30]), der den osmotischen Wert bei Grenzplasmolyse mißt und aus dem Umstand, daß die Epidermis z. B. von Viscum um 0,625 Mol KNO_3 höher ist als die der Wirtspflanze, den Schluß zieht: „Der Parasit vermag somit auf den Wirt eine Saugwirkung auszuüben, welche bei Viscum . . . 0,625 Mol KNO_3 also mehr als 21 Atm. erreicht.“ In allen diesen Fällen wird somit der osmotische Wert bei Grenzplasmolyse gemessen, gesprochen wird aber vom „osmotischen Druck“, „Turgordruck“ u. ä., und gemeint ist die Saugkraft.

Diese Beispiele mögen genügen. Trotz der Ausstellungen anerkennen wir natürlich voll und ganz die wertvolle Bereicherung unserer Kenntnisse über den osmotischen Wert; der Tadel gilt allein der unrichtigen Darstellung bezw. den verkehrten Schlüssen und der Wurzel des Übels: der verkehrten Terminologie.

Also in Zukunft mehr Klarheit im Ausdruck, damit die Darstellung so ist, daß sie richtig verstanden werden muß, und nicht nur so, daß sie auch richtig verstanden werden kann.

Das Maulspitzen der Fische.

Das Entstehen und Vergehen seiner Mechanik.

Von Dr. Otto Thilo, Riga.

Ganz besonders auffallend ist das „Maulspitzen“ bei unseren Karpfen, wenn sie auf dem Trockenen liegend nach Luft schnappen. Das hat wohl schon ein jeder häufiger beobachtet. Infolgedessen weiß auch ein jeder, was der Volksausdruck „Karpfenmaul“ bedeutet. Wohl nur wenige wissen aber genauer, wie eigentlich ein „Karpfenmaul“ eingerichtet ist. Es fehlt eben bisher eine klare und deutliche Beschreibung seiner Mechanik.

Schon vor Jahren hat allerdings Vitus Graber Lit. G[1]) das Karpfenmaul genauer beschrieben und abgebildet, aber seine Beschreibung ist sehr schwer verständlich und daher will ich es denn hier versuchen möglichst kurz und klar die Eigentümlichkeiten des Kiefergerüstes der Karpfen und anderer Fische darzulegen. Man versteht sie ohne sonderliche Schwierigkeiten, wenn man ausgeht vom

---

29) Hannig, Untersuchungen über die Verteilung des osmotischen Druckes in der Pflanze in Hinsicht auf die Wasserleitung. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1912, 30, p. 194.

30) Senn, Der osmotische Druck einiger Epiphyten und Parasiten. Verh. d. naturf. Ges. Basel. 1913, 24, p. 179.

1) Lit. G = Literaturanhang unter G.

Kiefergerüste der Heringe.

Man öffne einem Heringe oder Strömlinge das Maul, indem man seinen Unterkiefer mit einem Streichhölzchen nach unten drückt. Das Öffnen gelingt auch, wenn man die untere Spitze des Schultergürtels, die zwischen den Kiemendeckeln und Brustflossen liegt, nach hinten zieht oder wenn man quer durch beide Augenhöhlen einen Faden oder dünnen Stab zieht und hiemit den Kopf zurückbiegt. Es öffnet sich dann das Maul und die Kiemendeckel heben sich. Genaueres hierüber siehe Thilo, Naturforschung und Technik, Kiemenhautspanner und Regenschirmspanner (Lit. Th). Wenn also das Maul geöffnet wird, so bewegt sich dann die untere Spitze des Oberkiefers nach vorn und stellt schließlich den Unterkiefer fest, da sie mit diesem durch ein Band verbunden ist und auf einen toten Punkt gelangt. Es entsteht also eine vollständige „Maulsperre“ (Fig. 1).

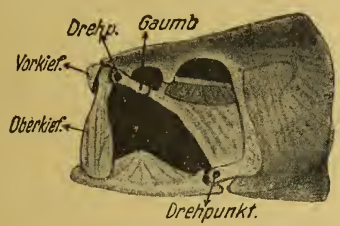

Fig. 1: *Clupea atosa.* Bei geöffnetem Maule wird der Unterkiefer vom Oberkiefer gesperrt.

Die ganze Vorrichtung erinnert dann an den aufgehobenen Deckel eines Klaviers, der von seiner Stütze aufrecht erhalten wird.

Leider gelingt der Versuch an Spirituspräparaten nicht mehr, da meistens der Unterkiefer an ihnen nicht mehr beweglich ist. An frischen Fischen gelingt er aber leicht und das Maul bleibt auch stundenlang offen, wenn man es einmal geöffnet hat.

Es eignet sich auch sehr zu einem hübschen Schaustücke, das leicht anzufertigen ist. Man schiebe ein kegelförmiges Holzstück ins Maul und lege den ganzen Kopf zunächst in eine Lösung von 2 Teilen Formalin, 100 Teilen Wasser auf eine Woche, hierauf in Glyzerin, gleichfalls auf eine Woche. Darnach entferne man das Holzstück und bewahre den Kopf trocken auf. Am besten näht man ihn auf schwarze Pappe, da sein Silberglanz sich sehr gut von ihr abhebt und jahrelang erhält.

Die Entwicklung des Kiefergerüstes der Heringe kann man am bequemsten vergleichend anatomisch verfolgen und zwar an den verschiedenen Lachsarten. Unser Salm (*Salmo salar*) hat noch wenig bewegliche Oberkiefer. Ihre obere Spitze haftet fest am Riechbeine und nur das untere Ende kann man ein wenig verschieben. Beim Kilch und Stint hat jedoch die Beweglichkeit des unteren Endes schon bedeutend zugenommen und beim Reps des Peipusses

(*Corregonus albula*) beschreibt die Spitze einen Bogen von über 90° wenn das Maul geöffnet wird. Diese Verschiedenheiten erklären sich vollständig aus der Nahrung der Fische. Der Salm ist ein ebenso arger Räuber, wie der Hecht. Seine Lieblingsnahrung im Meere ist allerdings der Sandaal, aber er schlingt auch Heringe, Aale und Lachse. Leider konnte ich keine Angaben darüber auffinden, wie er diese größeren Fische faßt und verschlingt. Sehr genaue und zuverlässige Angaben macht aber Max von Zurmühlen (Lit. Z) über die Nahrungsaufnahme des Hechtes und jedenfalls ist sie beim Lachs ebenso.

Zurmühlen schreibt: „Mir ist es wiederholt geglückt den Hecht beim Fassen der Beute zu beobachten. In allen diesen Fällen wurde der Fisch von der Seite gefaßt und dann so gekehrt, daß der Kopf zuerst in den Magen glitt.“ Jedenfalls gehört hierzu ein so weitgeschlitztes Maul, wie es der Lachs hat. Die rohrartigen Mäuler der Heringe und Maränen sind hierzu ganz ungeeignet. Vortrefflich eignen sie sich aber zur Aufnahme von Plankton und davon leben sie auch allerdings — nach den Untersuchungen von Arnold (Lit. A). Von dieser so sehr verflüssigten Nahrung müssen sie sehr große Mengen aufnehmen und bedeutend einengen, um überhaupt ihren Magen ausreichend zu sättigen. Hierzu ist ihr ganzes Kiefergerüste sehr geeignet.

Öffnet man einem Strömling von 15 cm Länge das Maul vollständig, so entsteht ein Hohlraum von annähernd 4 ccm. Der Hohlraum ist ein sechseckiges Rohr, dessen Umfang fast ebenso groß ist, wie der Umfang des ganzen Kopfes. Davon kann man sich leicht an dem obenerwähnten Schaustücke überzeugen.

Man stelle den Kopf so auf sein Hinterhaupt, daß sein Maul nach oben gerichtet ist. Betrachtet man jetzt den Kopf von oben her, so bilden die Lippenknochen ein Sechseck, welches annähernd vom Umfange des Kopfes umschrieben wird (Fig. 2).

Dieser Hohlraum von 4 ccm verschwindet sofort, wenn der Strömling sein Maul schließt. Es wird dann der ganze Gehalt an Plankton von den haarsiebartigen Kiemenfiltern des Rachens aufgefangen.

Diese wunderbaren Einrichtungen hat uns Enoch Zander (Lit. Z.) sehr genau in Bild und Wort in seinen schönen Arbeiten beschrieben. Er zeigt auch, daß

die Kiemenfilter der Karpfen

wesentlich anders gebaut sind, da auch die Nahrung der Karpfen wesentlich anders ist. Nach seinen Abbildungen „gleicht der Siebapparat der Karausche täuschend einem Faltenfilter“. Sie nährt sich hauptsächlich von Würmern, Larven, faulenden Pflanzenstoffen und Schlamm.

Zur Aufnahme dieser Nahrung ist auch das ganze Kiefergerüste wesentlich anders gebaut als bei den Heringen und Maränen. Wir haben gesehen, daß diese genötigt sind sehr große Mengen ihrer sehr verflüssigten Nahrung aufzunehmen und möglichst schnell zu filtrieren. Hierzu eignet sich ihr weiter Stülpschlauch vortrefflich. Die Karpfen hingegen nehmen Schnecken, Würmer u. dgl. vom Boden auf, so etwa wie wir mit einem Stechheber vom Boden eines Aquariums Verunreinigungen entfernen. Hierzu ist ihr „Stülpschlauch“ schlanker und länger als bei den Maränen und Heringen. Er wird schon dadurch länger, daß der Vorkiefer vom Oberkiefer abgelöst ist und so ein weiter Zwischenraum zwischen beiden entsteht (Fig. 3).

Fig. 2.

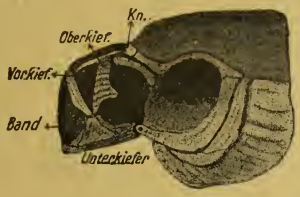

Fig. 3.

Fig. 4.

Fig. 2: Sprotte *Clupea sprattus.*

Fig. 3: Karpfenmaul vorgestülpt. Der Unterkiefer, Vorkiefer u. Oberkiefer bilden jedenfalls einen Fächer von Bändern umsäumt.

Fig. 4: Karpfenmaul geschlossen. Fächer zusammengefaltet.

Der Unterkiefer, Vor- und Oberkiefer sind mit dem vorderen Kopfende durch eine elastische Haut verbunden. So entsteht ein Rohr mit festen Einlagen, das vorn von einem festen, rundlichen Strang umsäumt und eingeengt wird, wie eine Stippata. Dieser feste Saum fehlt den Maränen und Heringen, ihre Lippenknochen liegen ziemlich locker aneinander. Ihre Kieferknochen und ihr ganzes Kiefergerüste ist überhaupt viel weniger fest als bei den Karpfen. Bei diesen ist namentlich der Oberkiefer besonders stark entwickelt. Der Unterkiefer, Vorkiefer und Oberkiefer sind fächerartig angeordnet. In Fig. 4 ist der Fächer zusammengefaltet. Klappt man den Unterkiefer nach unten (Fig. 3), so wird er entfaltet. Der freie Rand des Fächers wird dann von zwei festen Bändern umsäumt und so vor Zerreißungen geschützt. Ein Band verbindet, wie schon erwähnt, den Unterkiefer mit dem Vorkiefer (Fig. 3). Ein zweites oberes Band entspringt von der Mitte des Vorkiefers und spaltet sich hinter dem Oberkiefer in zwei Schenkel. Von diesen setzt sich jederseits einer an das vordere Stirnbein. Dieses Band ist knorpelhaft und krümmt sich nach oben, wenn das Maul geschlossen wird (Fig. 4).

Geöffnet wird das Maul durch zwei Muskeln, von denen jederseits einer vom unteren Ende des Schultergürtels entspringt und sich an das Kinn setzt (Musc. coraco-mandibularis) (Fig. 5).

Geschlossen wird das Maul durch Muskeln, die jederseits die Wange bilden (Musc. adductor mandibulae). Von diesen setzt sich jederseits eine Zacke an das obere Ende des Oberkiefers, eine zweite Zacke an die hintere Hälfte des Unterkiefers (Fig. 5).

Als Schließer dient noch ein zweiter kleinerer Muskel (Levator palatini). Er entspringt unter der Augenhöhle und setzt sich an einen besonderen Muskelfortsatz in der Mitte des Oberkiefers.

Ich hoffe der Leser wird aus meinen Darlegungen ersehen, daß die mechanischen Verhältnisse des Karpfenmaules leichter zu durchschauen sind, als es auf den ersten Blick erscheint. Allerdings darf man sich nicht von vornherein in Einzelheiten verlieren. Freilich wird man hierzu leicht verleitet, da diese Einzelheiten ganz besonders anziehend sind. Sehr richtig sagt schon Graber, daß man immer wieder neue Merkwürdigkeiten am Kiefergerüste des Karpfen bemerkt, so oft man es betrachtet. Leider kann ich hier nicht genauer auf sie eingehen, ich kann sie nur andeuten.

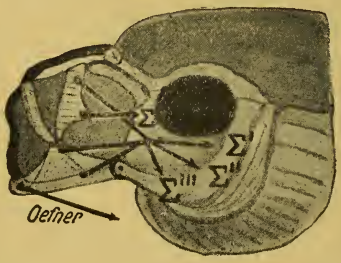

Fig. 5: Schema der Kiefermuskeln. Σ, Σ', Σ'' Schließmuskeln des Maules.

Es fällt ganz besonders auf, daß viele Knochenteile des ganzen Kiefergerüstes nicht miteinander verknöchert oder durch Knochennähte verbunden sind, wie bei anderen Fischarten, sondern durch Gelenke zusammenhängen. Infolgedessen kann man sie aneinander ein wenig verschieben. Trotzdem bilden sie aber ein festes geschlossenes Ganzes und ihre vielen Gelenke dienen nur dazu dem Ganzen eine gewisse Nachgiebigkeit zu verleihen, die ganze Knochenbrüche sichert.

Diese Sicherheit ist aber auch durchaus den Karpfen notwendig. Sie wühlen immerfort im Schlamm und moorigen Grund und tappen so ihr Leben lang im Dunkeln umher. Ganz selbstverständlich stoßen sie dabei oft im Leben an, namentlich wenn sie plötzlich ihr Maul vorstülpen. Dabei könnte ihr ganzes Kiefergerüste leicht zu Schaden kommen, wenn es nicht so nachgiebig und doch zugleich so widerstandsfähig wäre. —

Hier hätten unsere Baumeister viel von der Natur lernen können; denn erst neuerdings bauen sie ähnliche Gerüste mit zahlreichen Gelenken. Früher hielt man solche Gerüste ohne Gelenke für viel widerstandsfähiger und verband daher ihre Teile mit Keilen un-

beweglich fest. Heute jedoch verwendet man an Dachstühlen, Brücken und ähnlichen Bauwerken zahlreiche Gelenke, ja sogar steinerne Gewölbe fügt man häufiger aus zwei Hälften aneinander, die in der Mitte ihres Bogens „unendlich wenig beweglich“ sind (Prof. Grübler).

Wie entsteht nun der ganze vielgliederige Bau des Kiefergerüstes der Karpfen? Er entsteht aus sehr kleinen Anfängen. Das konnte ich an jungen Karpfen feststellen. — Schon am 7. Tage, nachdem sie dem Ei entschlüpft waren, konnte ich ihre Kiefer deutlich sehen, mit der Fernrohrlupe von Zeiß (Okular sechsfach, Objektiv +19 im Sonnenlicht). Ich betupfte die Kiefer mit Eosin und schob eine Nadel ins Maul. Der Vorkiefer und Oberkiefer waren noch fest miteinander und mit dem Riechknorpel verbunden, nur das untere Ende des Oberkiefers konnte ich mit der Nadel ein wenig hin- und herbewegen. Ich konnte also das Entstehen des sogenannten „Karpfenmaules“ deutlich verfolgen. Zunächst sind Vor- und Oberkiefer nur wenig beweglich, wie beim erwachsenen Lachs, hierauf nimmt ihre Beweglichkeit zu, wie bei den Maränen, dann erst löst sich der Vorkiefer ab und es entsteht das „Karpfenmaul“.

Dieselben Verhältnisse, wie bei unserem Karpfen, fand ich auch an den **Karauschen, Goldfischen, Barben, Gründlingen** und auch an den **Kärpflingen** (Cyprinodonten), z. B. *Xiphophorus*, einem sehr verbreiteten Zierfisch. Es gibt aber auch Karpfenarten, deren Kiefergerüste wesentlich andere Verhältnisse zeigen. An diesen kann man sehr deutlich verfolgen

das Vergehen des Karpfenmaules,

d. h. seine Rückbildung. Es gibt nämlich Karpfenarten, die große Beutestücke fassen und verschlingen. Hierher gehören der Rapfen, der Döbel und andere.

Der Rapfen *(Aspius rapax)*

lebt von kleinen Fischen, schluckt aber auch häufiger Mäuse und gar Wasserratten (*Leunis*, Lit. L). Seine Kiefern haben scharfe schneidende Ränder, die mit Knorpel überzogen sind und ihr Unterkiefer läuft vorn in eine scharfe Spitze aus, die in einen entsprechenden Ausschnitt des Oberkiefers hineinpaßt. Diese Spitze erinnert gewissermaßen an den Haken des Lachses. Bei genauerer Betrachtung erkennt man jedoch bald das „Karpfenmaul“ wieder, schon an der ganzen Bildung des Vorkiefers. Allerdings ist er weit weniger beweglich als beim gewöhnlichen Karpfen; denn im Bande, das den Vorkiefer mit der Stirn verbindet, sind bedeutende Verknöcherungen eingetreten. Sein vorderes Ende ist zu einem kräftigen Fortsatze verknöchert und sein hinteres zu einem steinharten runden Knochen, in dem selbst eine spitze Nadel nicht mehr eindringt (Fig. 6). Dieser runde Knochen ist entstanden durch Verschmelzung zweier Knöchel-

chen, zwischen denen beim gewöhnlichen Karpfen das Stirnband des Vorkiefers verläuft. Das beweist eine Knochennaht in seiner Mitte beim Rapfen. Genaueres über die beiden Knöchelchen siehe bei Brühl (Lit. B).

Der Döbel *(Squalius cephalus)*

hat dieselben Knochenbildungen. Er ist nach Brehm gleichfalls „ein Raubfisch in des Wortes vollster Bedeutung und stellt kleineren Fischen, Krebsen, Fröschen, ja selbst Mäusen nach, weshalb er auch hie und da geradezu „Mäusefresser“ genannt und mit einem Kater verglichen wird“.

Die Schmerlen *(Cobitis fossilis, taenia, barbatula)*

haben einen ziemlich langen Fortsatz in der Mitte des Vorkiefers. Unmittelbar an ihn reiht sich ein runder Knochen, der fest mit der Stirn durch ein Band verbunden ist. Infolgedessen können die Schmerlen ihren Vorkiefer wohl auf und zu bewegen, aber nur ganz unbedeutend verschieben. — Wir haben also am Rapfen den Anfang vom Vergehen des Karpfenmaules gesehen und am Schlammbeißer sozusagen sein Ende. Dieses Ende ist aber wiederum der Anfang neuer höchst eigenartiger Ausführungen des Karpfenmaules, die am kleinen Sandaal zur vollen Entwicklung gelangt. Der große Sandaal (*Ammodytes lanceolatus*) ist anders geartet.

Fig. 6.

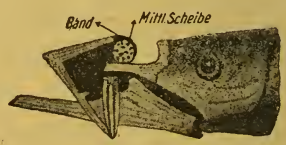

Fig. 7.

Fig. 6: *Aspius rapax.* Rapfen.
Fig. 7: Schubkurbel von *Amodytes tobianus* (Kleiner Sandaal). Maul halb geöffnet, obere Spitze des Oberkiefers u. eine Seitenscheibe entfernt.

Der kleine Sandaal *(Ammodytes tobianus)*

hat an seinem Vorkiefer ebenso wie die Schmerlen einen langen Fortsatz, an dessen hinterem Ende ein rundlicher Knochen befestigt ist (vgl. Fig. 7). Trotzdem kann er seinen Vorkiefer sehr bedeutend vorschieben, während, wie erwähnt, die Schmerlen ihn fast gar nicht mehr vorschieben können. Beim Sandaal wird das Vorschieben dadurch möglich, daß der Knochen eine runde Scheibe bildet, die nach vorn rollen und gleiten kann, da sie nach hinten zu an der Stirn nur locker befestigt ist. Seitliche Abweichungen verhütet

jederseits ein rundlicher Knochen (Fig. 8). Das Vorschieben des Vorkiefers wird aber durch zwei seitliche „Hemmbänder“ bis zu einer bestimmten Grenze eingeschränkt. Ohne diese Hemmbänder würde der Vorkiefer immerfort entgleisen, denn er ist am Unterkiefer befestigt und jedesmal, wenn das Maul sich öffnet, wird er nach vorn gezogen (Fig. 8). Die ganze Vorrichtung ist also eine

Fig. 8.

Fig. 9.

Fig. 8: *Amodytes tobianus*. Maul ganz geöffnet und gesperrt durch die vorgeschobene Rolle der Schubkurbel.

Fig. 9: *Amodytes tobianus*. Maul fast ganz geschlossen.

Schubkurbel.

Man ersieht aus Fig. 7: **Die kreisförmige Bewegung des Unterkiefers bewirkt eine geradlinige Bewegung vom hinteren Ende des Vorkiefers.**

Auf den ersten Blick erscheint solch eine „Schubkurbel“ als etwas sehr einfaches (Fig. 13). Der Maschinenbauer jedoch weiß sehr wohl, daß sie gar nicht so einfach ist. Der Menschengeist hat Jahrtausende dazu gebraucht, um die scheinbar so einfache Schubkurbel auf ihre jetzige Höhe zu erheben. Schon von ihrer „Geradführung“ allein sagt Reuleaux: „Die schematisch so einfach erscheinende Aufgabe, eine geradlinige Bewegung in einem gegebenen Getriebe zu sichern, hat sich ungemein lange der praktischen Lösung widersetzt“ (Kinematik Bd. I, S. 439, Lit. R).

Noch viel größere Schwierigkeiten haben aber die toten Punkte der Schubkurbel bereitet. In China und Japan sind noch immer drei Personen dazu erforderlich, um die toten Punkte einer „Reisschälmühle mit Handbetrieb“ zu überwinden (Reuleaux gibt hiervon interessante Abbildungen).

Wie hat nun die Natur diese schwierigen Aufgaben gelöst?

Man muß sagen: Jedesmal genau den Verhältnissen angepaßt und wir werden sehen: Wo es notwendig war, entstand eine Schubkurbel; wo sie unnötig oder gar nachteilig wurde, verschwand sie. Das zeigt sich ganz besonders deutlich am kleinen und großen Sandaal (*Ammodytes tobianus* und *A. lanceolatus*).

An beiden Arten fällt der lange vorstehende Unterkiefer auf. Er ist ein Merkmal dieser Fische und wird in den Handbüchern zum „Bestimmen“ empfohlen. Was nützt er aber den Fischen? Das steht nicht in den Handbüchern, man ersieht es aber gewiß sehr deutlich aus den schematischen Figuren 10 und 11. In ihnen

ist AF (der Unterkiefer) ebenso lang, wie bei den Sandaalen, d. h. die Länge des Unterkiefers ist gleich der Breite des Fisches (vgl. Leunis S. 714). Öffnet sich das Maul, so wird AB verlängert um AF und AC vergrößert um AE (annähernd). Wäre aber der Unterkiefer nicht $= AF$, sondern nur die Hälfte von AF, so wäre die Verlängerung auch nur gleich der Hälfte von AF. Je länger also der Unterkiefer ist, desto mehr kann der Sandaal sein Maul vorstülpen. An der Schubkurbel des Sandaales ist wohl für den Maschinenbauer ganz besonders interessant ihr Schieber (vgl. Fig. 8 und 10). Er ist nicht wie bei unseren Maschinen flach oder zylin-

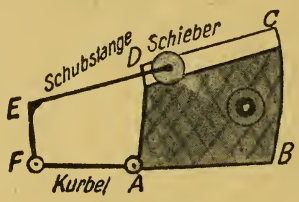

Fig. 10.

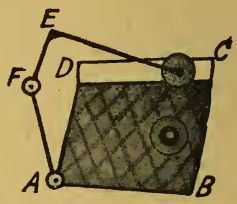

Fig. 11.

Fig. 10: Schema der Schubkurbel des kleinen Sandaales. Der Schieber bildet eine Rolle aus drei beweglichen Scheiben.

Fig. 11: Schema der Schubkurbel des kleinen Sandaales.

drisch (Fig. 13), sondern bildet eine Rolle, die aus drei aneinanderbeweglichen Scheiben zusammengesetzt ist (vgl. den Schnitt der Rolle Fig. 12). Die mittlere Scheibe rollt auf dem Nasenrücken

Fig. 12.

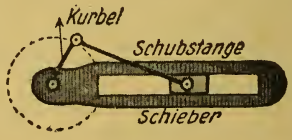

Fig. 13.

Fig. 12: Schieber der Schubkurbel des kleinen Sandaales (schematisch) 3 aneinander bewegliche Scheiben.

Fig. 13: Schema der Schubkurbel einer Dampfmaschine nach Reuleaux.

hin und her bei Bewegungen des Vorkiefers und die beiden seitlichen Scheiben verhüten ihre Entgleisung. Die Beweglichkeit der beiden seitlichen Scheiben verhütet aber Einklemmungen bei etwaigen Verdrehungen der Rolle. Man sieht also, die ganze Vorrichtung ist vortrefflich den Lebensverhältnissen des Fisches angepaßt.

Übrigens hat die weit vorstehende Spitze des Unterkiefers für die Sandaale noch einen anderen Nutzen. Sie ist ihnen unentbehrlich, um sich in den festen Seesand zu bohren. Ich habe oft gestaunt, wie schnell sie im Sande verschwinden, obgleich er doch

meist von den Wellen steinhart gestampft ist. Ich stimme vollständig Günther (Lit. G) bei, wenn er schreibt: „Sie leben zu großen Scharen vereinigt, sich gleichsam auf ein Kommando an die Oberfläche erhebend oder auf den Grund tauchend, wo sie sich mit **unglaublicher Geschwindigkeit in den Sand einbohren**."

Sehr richtig sagt Leunis (Lit. L), daß der große Sandaal seinen Vorkiefer nur sehr wenig verschieben kann. Ich fand dementsprechend beginnende Verknöcherungen zwischen den Stirnbeinen und dem langen Fortsatze des Vorkiefers. So sieht man bei den Sandaalen das Entstehen und zugleich auch das Vergehen ihrer Schubkurbel. Das Vergehen tritt beim großen Sandaal ein, weil er große Beutestücke faßt, also ein richtiger **Raubfisch ist**. Das beweisen auch die zwei langen scharfen Zähne an der Spitze seines Unterkiefers, die dem kleinen Sandaale fehlen.

Ehrenbaum (Lit. E) hat in Helgoland sehr eingehende und sehr wertvolle Beobachtungen über die beiden Arten von Sandaalen gemacht. Er schreibt: „Die kleinere und bei weitem häufigere Art, die an den deutschen Nordseeküsten schlechthin Spierling genannt wird und als Köderfisch eine erhebliche Rolle spielt, ist in der Hauptsache **Plankton**fresser. Der Magen und Darm dieser Fische ist in der Regel prall gefüllt mit Diatomeen (z. B. *Coscinodiscus*) in großer Menge Copepoden (bes. *Femora longicornis*), Brachyuren-Larven, Amphipoden (*Proto ventricosa*), Wurmlarven (*Lanice*), kleinen Planktonschnecken u. a. m. Auch reife *Ammodytes*-Eier wurden gelegentlich im Mageninhalt gesehen. Die größere und nicht so häufige Art, welche an den Nordseeküsten als Jager bezeichnet und gewöhnlich nicht als Köder genommen wird, ist ein **Raubfisch** und lebt ziemlich ausschließlich von seinem Verwandten, dem kleinen Spierling, welcher fast immer in je einem Exemplar im Magen des großen Spierlings angetroffen wird."

Wir haben also gesehen, daß die Schubkurbel des Sandaales aus kleinen Anfängen entstanden ist und schließlich eine recht zusammengesetzte Form angenommen hat. Gerade dieses Zusammengesetzte beweist aber, daß sie noch nicht auf der höchsten Stufe der Entwicklung steht; denn sowohl im Tierreiche, als auch in der Technik treten stets bei höherer Entwicklung sehr große Vereinfachungen ein. Das zeigt besonders deutlich

die Schubkurbel des Stichlinges.

Geschwunden sind hier z. B. die drei Knochenscheiben, die am Ende der Schubstange ihre Entgleisung verhüten (Fig. 8 und 14). Sie sind unnütz geworden, da die Schubstange des Stichlinges in einer tiefen Rinne auf dem Nasenrücken hin- und hergleitet. In dieser Rinne wird sie durch ein festes Querband erhalten. Fig. 15 zeigt das Band durchschnitten. Wir finden hier also ein rohrartiges „Führungsgleis", wie es in der Technik sehr allgemein gebräuchlich

ist. Leider sind überhaupt an allen „Führungsgleisen“ Reibungswiderstände unvermeidlich. An der Schubstange des Stichlings könnten sie sich bis zu Einklemmungen steigern, wenn der Fisch sein Maul plötzlich öffnet. Der Unterkiefer reißt dann gewaltsam den Vorkiefer nach unten, da er ja durch Bänder an ihn befestigt ist (Fig. 14). Daher werden denn auch beim Stichling durch sehr verschiedenartige Mittel die Reibungswiderstände bedeutend vermindert.

1. Das Ende der Schubstange ist zugespitzt (Fig. 14) und kann sich daher wohl kaum einklemmen, wenn die Schubstange vorgeschoben wird.

2. Die Schubstange ist kein einheitlicher Knochenstab, sondern er ist aus zwei länglichen Knochenplatten zusammengesetzt, die dachartig und beweglich aneinandergefügt sind. Infolgedessen wird die Schubstange, wenn sie ins Gleis hineingleitet, zusammengedrückt und dünner.

Fig. 14.

Fig. 15.

Fig. 14: Seestichling. *Gasterosteus marinus.* Vorstufe der Röhrenmäuler nach Günther, Kiefergerüste hochgradig verlängert.

Fig. 15: *Gasterosteus triaculeatus.* Dreistachlicher Stichling.

Jedenfalls ist der Stichling ganz besonders auf ein sehr bewegliches Maul angewiesen. Wenn er z. B. sein Nest fertig gebaut hat, so spuckt er es an und glättet es dann mit seinem Bauch (Ehrenbaum nach Heincke, Lit. E). Auch seine Jungen nimmt der sorgsame Vater oft schützend ins Maul und spuckt sie wieder aus (Warrington nach Brehm).

Gewiß gehört zum Spucken eine nicht unbedeutende Explosivgeschwindigkeit! Auch das Aufnehmen der Nahrung erfordert beim Stichling oft ein schnelles Öffnen des Maules. Er ist ein arger Räuber von Fischeiern. Das weiß ein jeder Fischzüchter. Fischeier nimmt man aber am besten mit einem Glasrohr auf, indem man schnell den Finger vom oberen Ende des eingetauchten Rohres abhebt. Die unglaublichen Mengen von Eiern, welche ein Stichling in sehr kurzer Zeit verschluckt, kann er nur aufnehmen, wenn er sein Maul wie einen Stechheber benutzt.

Zu einer derartigen Nahrungsaufnahme ist besonders der Seestichling (*Gasterosteus spinachia*) oft genötigt. Er lebt und baut sein Nest im Geäste von Meeresalgen (Ehrenbaum, Lit. E) und zieht seine Nahrung aus ihren verschlungenen Zweigen hervor. Sein spitzes Maul und seine schlanke Gestalt eignen sich zu dieser Lebens-

weise ganz besonders und sind jedenfalls durch Anpassung an seine Umgebung entstanden. Wo wuchernde Meerespflanzen nur spärlich vertreten sind, da ist auch der Seestichling nur spärlich vorhanden, so z. B. am unfruchtbaren Sandstrande des Meeres bei Riga. Er ist hier den Fischern gänzlich unbekannt. Vor einiger Zeit kam ein Fischer mit einem Seestichling zum Fischereidirektor Kirsch und fragte, was das für ein eigentümlicher Fisch sei; er habe noch nie so einen gesehen. Dasselbe erzählt auch Benecke von den Fischern bei Königsberg i. Pr. (Lit. B).

Diese mangelhafte Fischkenntnis ist bei Fischern allerdings etwas auffallend, die dreistachelige Stichlinge in unglaublichen Mengen fangen und zu Tran verkochen, aber der Seestichling sieht allerdings sehr anders aus als der dreistachelige (vgl. Fig. 14 mit 15). Seine spitze Schnauze erinnert lebhaft an die „Röhrenmäuler" (*Fistularidae*).

Gewiß geht wohl A. Günther (Lit. G) etwas zu weit, wenn er schreibt: „Die Röhrenmäuler (*Fistularidae*) sind riesige marine Stichlinge." Jedoch gleicht das Kiemengerüste des Seestichlinges mehr dem Gerüste von *Aulostoma* als dem des dreistacheligen Stichlinges (vgl. die vortreffliche Abbildung bei Jungersen (Pl. I, Fig. 4, Lit. J). Jedenfalls ist der Seestichling eine Übergangsform zu den Röhrenmäulern. Das beweist auch die Rückbildung seiner Schubstange. Sie ist im Verhältnis zur ganzen Schnauze bedeutend kürzer als beim dreistacheligen Stichling. Bei diesem reicht ihr Ende bis zum Auge, wenn sie vollständig zurückgeschoben ist. Beim Seestichling reicht das Ende aber nur bis zur Mitte zwischen Auge und Schnauze. Bei jungen Seestichlingen von 1 cm Länge ist die Schnauze noch sehr kurz. Von da ab jedoch wächst sie ganz außerordentlich schnell in die Länge. Es bleibt also die Schubstange sozusagen im Wachstum zurück. Bei den Röhrenmäulern ist sie fast ganz zurückgebildet. Hier schließt der Unterkiefer, wenn man ihn aufklappt, das Rohr wie ein Deckel ab. Vervollständigt wird dieser Verschluß durch die verhältnismäßig breiten seitlichen Oberkiefer (*Centriscus*, *Aulostoma*, *Syngnathus* u. a.).

Es liegt auf der Hand, daß ein derartiger Verschluß sich ganz besonders eignet, um einen Stechheber schnell zu schließen und sicher verschlossen zu halten. Beides ist zum Einfangen von Würmern und anderem kriechenden Getier durchaus erforderlich; denn man sieht häufig beim Stichling verschluckte Würmer wieder aus dem Maule hervorkriechen. —

Es wurde also das breite Maul der Stichlinge zu einer langen Röhre mit festem Verschlusse umgebildet, weil diese Vorrichtung zur Ernährung der Röhrenmäuler unentbehrlich ist. —

Es gibt auch Fische, deren rohrförmiges Maul ganz anders gebaut ist, als bei den Fistulariden, d. h. die in Westafrika lebenden *Mormyrus*-Arten. Ihr Unterkiefer ist durchaus nicht so vorgeschoben

wie beim Seestichling (Fig. 14). Sein Gelenk liegt vielmehr, wie bei anderen Fischen unter dem Auge. Seine rohrartige Schnauze ist vollständig mit Haut überzogen, so daß nur an der Spitze eine Öffnung bleibt. Beim Öffnen des Maules wird diese Haut gespannt, wie der Finger eines Handschuhes vom Handschuh aus weiter. Genauer beschrieben und abgebildet hat diese höchst eigenartige Familie Dr. Pappenheim-Berlin (Lit. P).

Wir haben oben das Vergehen der Schubkurbel des Stichlinges gesehen, wie aber ist

das Entstehen der Schubkurbel beim Stichling.

Ich habe ihre Entstehung entwicklungsgeschichtlich am dreistacheligen Stichling und am Seestichling verfolgt. Man kann aber diese Entstehung auch vergleichend anatomisch in sehr verschiedenen Familien der Fische beobachten.

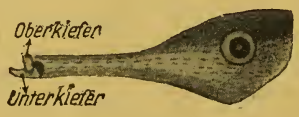

Fig. 16.

Fig. 17.

Fig. 16: Seeschnepfe *Centriscus scolopax.*

Fig. 17: Seeschnepfe. Verschluß des Röhrenmaules. Ein deckelförmiger Unterkiefer verschließt das Rohr.

Bei den Makrelen, Barschen und vielen anderen Fischen findet man in der Mitte des Vorkiefers einen kurzen Fortsatz wie beim Rapfen (Fig. 6, S. 222). Dieser Fortsatz hat bei ihnen die drei rundlichen Knochen in sich aufgenommen, die wir beim Sandaal und Karpfen schon genauer kennen lernten. Bei den Barschen, Schellfischen und Groppen sind diese drei Knochen ganz besonders deutlich. Zwei liegen dem Vorkiefer an, der dritte liegt hinter ihnen. Alle drei werden von zwei Knochenplatten überdacht, die dem Vorkiefer entspringen.

Aus dieser Form entwickeln sich alle bei den Fischen vorkommenden „Schubstangen“.

Ihre einfachste Form lernten wir am Stichling kennen.

Die drei Knochen sind beim erwachsenen Stichling fast ganz zurückgebildet. Man findet bloß einen dünnen Knorpelbelag an der unteren Seite der Schubstange.

Nur an Jugendformen von *Gasterosteus triaculeatus* und *marinus* konnte ich drei rundliche Knochen noch deutlich nachweisen.

Ähnliche Verhältnisse wie bei den erwachsenen Stichlingen finde ich an erwachsenen *Gazza* und *Equula* (Abbildung von *Gazza* siehe Thilo, Natf. und Technik, Lit. T.).

Sonst findet man meistens die drei Knochen an den Schubstangen der Fische ziemlich vollständig erhalten. Überhaupt sind die Schubstangen der Fische in ihrer Ausführung nicht sehr wesentlich voneinander verschieden. Eine Ausnahme hiervon machen Zeus und die Papageifische (Scariden).

Die Schubkurbel des *Zeus*.

Seine Schubstange gleitet nicht in einer Knochenrinne zwischen den Augen, wie bei *Gazza*. Sie hat vielmehr dieses Gleis verlassen. Die Schnauze ist bedeutend in die Länge gewachsen und hat sozusagen die Schubstange mitgenommen. Sie gleitet auf einen Knochen, der so gebaut ist wie eine Eisenbahnschiene (vgl. Fig. 18 und den beigefügten Schnitt einer Schiene Fig. 19). Das Ende der Schubstange gleitet auf dem Kopfe der Schiene; zwei seitliche Fortsätze

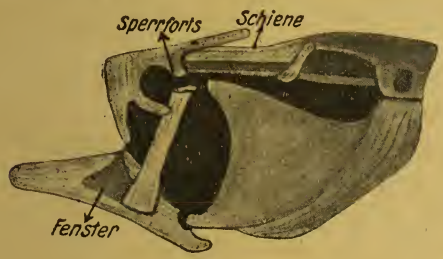

Fig. 18.

Fig. 19.

Fig. 18: Zeus. Gaumenbein und obere Spitze des Oberkiefers entfernt. Die Schubstange gleitet auf einem knöchernen Geleise, das ähnlich gebaut ist, wie eine Eisenbahnschiene.

Fig. 19: Schnitt einer Eisenbahnschiene.

gleiten auf ihrer Platte. Die Fortsätze schnappen am Ende der Platte ein, wenn die Schubstange vollständig vorgeschoben ist. Es handelt sich allerdings hierbei nicht um ein richtiges „Zahngesperre“ wie ich es an der Rückenflosse des *Zeus* entdeckt habe (Naturf. u. Technik); denn die Schubstange wird nicht durch das Einschnappen der Fortsätze unbeweglich festgestellt, wohl aber wird sie bedeutend im Rückgange gehemmt, wie bei den sogenannten „Schnappgelenken“ (R. Fick, T. II, S. 248, Litt F). Der Rückgang der Stange wird auch noch dadurch erschwert, daß der Unterkiefer sich in einer Totlage befindet, wenn das Maul vollständig geöffnet ist. Der Unterkiefer ist aber am Vorkiefer durch Bänder befestigt. Also durch diese Totlage des Unterkiefers und durch das Einschnappen der Fortsätze ist der *Zeus* imstande sein Maul sehr lange offen zu erhalten, ohne wesentlich dabei seine Muskeln anzustrengen. —

Wir finden also auch hier das von mir aufgestellte Gesetz wieder: **Sperrvorrichtungen und Totlagen werden im Tierreiche dazu benutzt um Muskelkraft zu sparen.**

Offenbar ist der *Zeus* oft darauf angewiesen sein Maul möglichst lange offen zu erhalten, damit er rechtzeitig zuschnappen kann.

Nach Couch liegt er oft in einer Sandgrube und lockt kleinere Fische an, mit den langen Wimpeln seiner Rückenflosse, die wie Würmer in der Strömung sich winden, wie es scheint mit Erfolg; denn Couch fand im Magen eines *Zeus* von etwa 30 cm Länge 25 Flunder von 4 cm Länge, bei einem anderen fand er große Mengen Pilchards u. s. f.

Der *Zeus* benutzt also bei seiner Nahrungsaufnahme zwei voneinander ganz getrennte Sperrvorrichtungen. Er stellt seine Rückenflosse fest und „angelt" dann mit ihren langen Wimpeln, wie der bekannte „Angler" (*Lophius piscatorius*), bis ihm die Fische und andere Gimpel ins „aufgesperrte Maul" schwimmen.

Die Entstehung der Schubkurbel des *Zeus*.

Man sieht sie ganz besonders deutlich bei den Groppen. Man findet dort die Anfänge der „Eisenbahnschiene" und Sperrfortsätze. Das ganze Kiefergerüste sieht bei ihnen sehr leicht und durchsichtig aus. Seine Knochen sind, wie man sich ausdrückt — stark reduziert. Daher wird denn auch dieses etwas wackelige Gerüste von ganz besonders festen Bändern zusammengehalten. Schon Gegenbaur (Lit. G) hat hierauf aufmerksam gemacht. Besonders stark entwickelt sind diese Bänder an der Schubstange. Gewiß sind sie hier auch sehr am Platze; denn es könnten leicht Verrenkungen des ganzen Vorkiefers eintreten, wenn die Groppe ein allzu großes und lebhaftes Beutestück erfaßt hat. Ich fand derartige Bänder bei anderen Fischarten sehr verschieden stark entwickelt. Im allgemeinen kann man sagen: Fische mit kurzer Schubstange und wenig ausgebildetem Führungsgleise haben stark entwickelte Bänder (Groppen, Sandaale, Karpfen, Dorsche, Barsche). Aber auch einige Fische mit langer Schubstange und langem Führungsgleise haben bisweilen eine sehr feste Bandbefestigung, so z. B. viele Brassenarten. Wenig entwickelt sind die Bänder bei *Zeus*, *Gazza*, bei den Stichlingen und auch bei *Triacanthus*. Diese Fische haben ja alle eine lange Schubstange und ein langes, starres Führungsgleis und erinnern somit an Gelenke, die nicht durch Bänder, sondern durch umschließende Knochenmassen zusammengehalten werden (Umschlußpaare, Reuleaux). — Wir haben soeben gesehen, daß beim *Zeus* die Sperrvorrichtungen an seiner Schubstange sehr am Platze sind. Unwillkürlich drängt sich da die Frage auf: Haben auch andere Fische Vorrichtungen, die ihnen das Offenhalten ihres Maules erleichtern?

Hierauf muß man antworten:

Sperrvorrichtungen am Maule von Fischen

findet man überall dort, wo der Fisch durch seine Lebensweise dazu gezwungen wird, sein Maul häufig lange Zeit hindurch offen zu halten. Das ist z. B. bei den Heringen und Maränen der Fall.

Ihr Gesperre wurde bereits S. 217 genauer besprochen und abgebildet. Es wurde dort auch festgestellt, daß die Maränen Planktonfresser sind und hochentwickelte Sperrvorrichtungen haben, während eine andere Lachsart, unser Salm, keine hat.

Fische, die von gemischter Nahrung leben, d. h. sowohl große als kleine Beutestücke schlucken, haben auch nur unvollkommene Sperrvorrichtungen. Sie haben meistens auch nur kurze Schubstangen (Barsch, Dorsch, Makrelen u. s. w.). Diese können ihr Maul offen erhalten, indem sie einfach ein schiefes Maul ziehen. Ihre kurze Schubstange wirkt dann wie ein sogenanntes „Schnappgelenk". Bei schiefem Maule ist nämlich die kurze Schubstange geradezu ausgerenkt (luxiert). Sie stützt sich dann gegen einen seitlichen Riechknochen und erhält das Maul halb geöffnet, d. h. zum Zuschnappen bereit. Die Fische ziehen aber ein schiefes Maul, wenn sie die Kiefermuskeln nur an einer Seite anziehen. Man kann diesen Vorgang an frischen Barschen leicht nachahmen, wenn man bei geöffnetem Maule mit der Pinzette das untere Ende eines Oberkieferknochens erfaßt und nach unten zieht. Es bleibt dann das Maul offen, selbst wenn man von vorn her gegen den Vorkiefer drückt. Fische mit langer Schubstange und engem Führungsgleise, wie z. B. die Stichlinge, *Gazza* u. a. erhalten ihr Maul offen, indem sie die Reibungswiderstände im Gleise steigern. Hierzu ziehen sie den Unterkiefer stark nach unten. Es wird dann der vordere Teil des Vorkiefers gleichfalls kräftig nach unten gezogen, da er ja am Unterkiefer durch Bänder befestigt ist. Wenn sich aber das vordere Ende nach unten senkt, steigt das hintere Ende nach oben, wie an einer Wippschaukel (vgl. Fig. 14 und 15). Es wird hierbei das hintere Ende sozusagen entgleist. Es tritt die Entgleisung besonders dadurch ein, daß die Schubstange nur in ihrer Mitte durch ein Querband im Gleise erhalten wird (Fig. 15 zeigt dieses Band durchschnitten). Ganz selbstverständlich entstehen durch eine derartige Entgleisung bedeutende Reibungswiderstände, die sich bis zu Einklemmungen steigern können und dann den Rückgang der Schubstange sperren. „Gelöst" wird diese Sperrung, wenn die Kiefermuskeln (Fig. 5 Σ und Σ') den Oberkiefer und Vorkiefer heben. Beim Vorschieben des Vorkiefers können derartige Sperrungen nicht eintreten, da das hintere Ende der Schubstange zugespitzt ist und daher unbehindert nach vorn aus seinem Gleise heraus rutscht. Die Stichlinge haben also ein Gesperre, in dem nur beim Rückwärtsgange der Schubstange Reibungswiderstände eintreten, nicht beim Vorwärtsgange (laufendes Reibungsgesperre nach Reuleaux, Kinematik II, S. 562). Ich konnte diese Tatsachen bequem bei *Gazza* feststellen (Abbild. Naturforsch. und Technik). An den Stichlingen treten sie weniger deutlich hervor, die Fische sind zu klein zu solchen Untersuchungen.

Wir sehen also, daß die Fische sehr verschiedenartige Sperr-

vorrichtungen haben, um ihren Muskeln das Offenhalten des Maules zu erleichtern. Wir sehen auch, daß diese Vorrichtungen stets sehr genau den Verhältnissen angepaßt sind.

Die Schubkurbel der Papageifische (Scariden).

Eigentlich ist der Name dieser Fische nicht ganz zutreffend, denn ihre Kiefer sind durchaus nicht so gebaut, wie ein Papageischnabel, sondern vielmehr wie das Gebiß der Kugelfische *Diodon*, *Triodon* und *Tetrodon*, d. h. in jedem Kiefer sind die Zähne vollständig miteinander verwachsen und bilden einen dünnen Knochenbogen, zugeschärft und schneidig, wie ein ringförmiges Messer für Holzschnitzereien.

Die Nahrungsaufnahme der Fische erfordert durchaus solche schneidige Kiefer. Sie leben nämlich von Ledertangen und Korallen, die sie vom Meeresboden „ablesen und abkneifen", den Kopf nach unten gerichtet (Brehm, Klunzinger, Lit. B und K).

Sagemehl (Lit. S.) fand in ihren „Schlundtaschen" Stücke von Fadenalgen und Kalkbröckel von Korallen, noch deutlich erkennbar. Im Magen hingegen fand er einen so fein verteilten Speisebrei, daß er seine Bestandteile selbst unter dem Mikroskop nicht mehr feststellen konnte. Die Papageifische sammeln also die abgepflückten Stücke von Tangen und Korallen in ihren Schlundtaschen auf und zermahlen sie hierauf in einem besonderen Mahlapparat, der von Zähnen der oberen und unteren Schlundknochen gebildet wird.

Leider kann ich hier nicht genauer auf diesen hochinteressanten Mahlapparat eingehen und auch die großen Eigentümlichkeiten des Kiefergerüstes kann ich hier nur andeuten. — Die Papageifische können ihren Vorkiefer nur unbedeutend vorschieben. Es liegt daran, daß ihr Unterkiefer bedeutend verkürzt ist. Von der Verkürzung gewinnt man wohl am besten eine Vorstellung, wenn man sich den Unterkiefer eines anderen Fisches, z. B. eines *Zeus*, genauer von der Seite her ansieht (Fig. 18). Man bemerkt dann, daß er in seiner Mitte gefenstert ist, also hier einen sehr wunden Punkt hat. An dieser Stelle nun denke man sich den Unterkiefer derartig abgeknickt und verbogen, daß eine Winkelstellung und Verkürzung entsteht. Bei Knochenbrüchen nennen das die Chirurgen: dislocatio ad axin et ad longitudinem.

Leider hinterbleiben nach derartigen Knochenbrüchen nicht ganz selten die sogenannten „falschen Gelenke" (Pseudarthrosen). Die Bruchflächen werden dann überknorpelt und es erhält sich eine „abnorme Beweglichkeit". Tatsächlich sieht man denn auch an mehreren Fischarten, daß die Verkürzung und Winkelstellung an ihrem Unterkiefer so entsteht.

Bei *Julis*, einem nahen Verwandten der Papageifische, sind das Gelenkende und das Zahnende vollständig ineinander „eingekeilt" wie bei einem „eingekeilten Bruche" (vgl. Chirurgie von König

u. a.). Infolgedessen wird das Fenster (Fig. 18, *Zeus*) vollständig von einem Fortsatze des Gelenkendes ausgefüllt (Fig. 21). Schon hierdurch ist eine Verkürzung des Unterkiefers eingetreten, aber zu einer Winkelstellung und Gelenkbildung ist es noch nicht gekommen. Es hat sich nur eine sehr bewegliche, überknorpelte Knochenfuge gebildet (Symphysis der Anatomen). Hingegen ist die Winkelstellung schon stark ausgebildet bei *Acanthurus* (Fig. 20), *Naceus* und *Tuthis*. Pappenheim (Lit. P) beschreibt eine ähnliche Fuge auch bei *Campylomormyrus elephas* (Congo). Ich konnte sie bei *Mormyrus oxyrhynchus* (Nil) nicht auffinden. Ein richtiges Gelenk ist aber bei allen diesen Fischen noch immer nicht entstanden. Erst bei *Pseudoscarus* (Fig. 22) findet man ein festes und zugleich doch sehr bewegliches Gelenk und eine sehr bedeutende Verkürzung des Unterkiefers. Zugleich mit dem Unterkiefer ist auch die Schubstange des Vorkiefers verkürzt und verbogen.

Fig. 20.

Fig. 21.

Fig. 20: *Acanthurus*. Unterkiefer in der Mitte beweglich (unvollständiges Gelenk).
Fig. 21: *Julis*. Gelenkende des Unterkiefers in das Fenster des Zahnende verschoben und eingekeilt, vergl. auch Fig. 18 Fenster des Zeus.

Alle diese Vorgänge erklären sich aus der höchst eigentümlichen Nahrungsaufnahme der Papageifische. Wir haben schon oben gesehen, daß die Papageifische von Ledertangen und Korallen leben, die sie mit ihrem scharfen Gebiß abkneifen. Bei einer langen, beweglichen Schubstange wäre das nicht möglich, da ja der Vorkiefer dann beim Beißen nachgeben würde. Es ist also eine Rückbildung der Schubstange eingetreten. Infolgedessen würde ganz selbstverständlich der Unterkiefer auch verkürzt; denn nur wenn Vorkiefer und Unterkiefer genau aneinander schließen, können sie Ledertangen und Korallen abkneifen. Das neu entstandene Gelenk, in der Mitte des Unterkiefers, begünstigt ganz außerordentlich die schneidenden, ziehenden Bewegungen der Kiefer. Das erkennt man leicht, wenn man genauer betrachtet

die Muskeln der Kiefer bei den Papageifischen.

Sie sind ganz besonders stark entwickelt; namentlich die des Oberkiefers. Sie entspringen strahlenförmig vom Vordeckel (Praeoperculum) und setzen sich an einen besonderen Muskelfortsatz des Oberkiefers (vgl. Schema Fig. 5). Die Muskeln des Unterkiefers entspringen vom Qnadratbein und setzen sich an den Unterkiefer hinter seinem mittleren Gelenke. Wenn sie sich zusammenziehen,

so drücken sie die Zahnplatte des Unterkiefers gegen die des Oberkiefers, da ja die vordere Hälfte des Unterkiefers einen zweiarmigen Hebel bildet. Zugleich aber wirken sie ziehend, da ja der Unterkiefer am Quadratbeine ein zweites Gelenk hat. Hierdurch wird die schneidende Wirkung des ganzen Gebisses ganz außerordentlich verstärkt. Das wird wohl ein jeder zugeben, der da weiß, was ein gezogener Hieb ist.

Auf derartige Bewegungen haben schon Cuvier et Valenciennes (Lit. C) hingewiesen. Sagemehl bestreitet sie und sagt, daß nach seinen an Spirituspräparaten angestellten Versuchen „alle Bewegungen außer einfacher Schließung und Öffnung **absolut unmöglich sind**“.

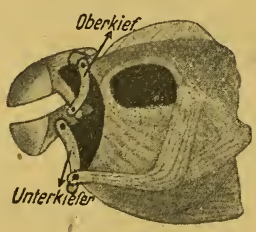

Fig. 22.

Fig. 23.

Fig. 22: Papageifisch, *Pseudoscarrus.* Zwischen Gelenkende und Zahnende des Unterkiefers besteht ein Gelenk.

Fig. 23: *Triacanthus brevirostris.* Gelenkende und Zahnende des Unterkiefers miteinander verknöchert. Vergl. Fig. 20 u. 21. Oberkiefer und Unterkiefer voneinander getrennt. Kieferknochen auseinander gezogen.

Ich gebe zu, daß sie an Spirituspräparaten allerdings unmöglich sind. An Spirituspräparaten ist sogar meist auch das Öffnen des Maules zunächst unmöglich. Es wird oft erst möglich, wenn man jene „passiven Bewegungen“ vornimmt, die man in der Heilkunde gegen steife Gelenke anwendet. Manchmal ist man sogar genötigt, vorher die erhärteten Muskeln zu durchschneiden. Ich besitze übrigens ein Glyzerinpräparat von *Pseudoscarus rivulatus*, an dem man die ziehenden und schneidenden Bewegungen sehr bequem ausführen kann, obgleich alle Muskeln erhalten sind.

Wir haben soeben bei den Papageifischen die Rückbildung einer Schubkurbel verfolgt und haben gesehen, wie eine Fangvorrichtung in eine Beißvorrichtung überging, aber die Rückbildung ist noch nicht vollständig; denn einige Eigentümlichkeiten der Schubkurbel blieben erhalten. Die vollständige Rückbildung einer ähnlichen Schubkurbel zeigen erst

die Haftkiefer (Plectognathen).

Bei *Triacanthus* ist die Schubstange fast gar nicht mehr beweglich und auch der Unterkiefer ist so bedeutend verkürzt, daß er beim Schließen und Öffnen des Maules keine nennenswerte Verschiebung des Vorkiefers bewirkt (Fig. 23). Zugleich mit der Ver-

kürzung ist auch das Gelenk eingegangen, welches wir in der Mitte des Unterkiefers bei den Papageifischen und den Acronnoiden sahen (Fig. 20 und 23). Der Unterkiefer hat also nur noch **ein** Gelenk am Quadratbein. Das mittlere Gelenk ist verknöchert. Bei *Balistes* und *Monacanthus* und den Nacktzähnern ist auch die Schubstange fast ganz geschwunden. Somit sind kaum noch Spuren einer Schubkurbel vorhanden (Fig. 24 und 25).

Man kann bei den Haftkiefern auch an den Zähnen den Übergang von einer Fangvorrichtung in eine Schneidevorrichtung verfolgen.

Triacanthus und *Balistes* haben jederseits vier spitze Zähne in jedem Kiefer.

Fig. 24.

Fig. 25.

Fig. 24: *Balistes aculeatus* Bloch. Vorkiefer und Oberkiefer miteinander verknöchert. Schubstange fast ganz geschwunden

Fig. 25: *Tetrodon hispidus.* Zähne miteinander verknöchert. Schubkurbel ganz geschwunden.

Bei *Monacanthus* sind jederseits die zwei äußeren Zähne zu einer Platte verschmolzen und bei den Nacktzähnern (Gymnodonten) bilden alle Zähne dünne, breite Platten, die mehr oder weniger durch Nähte miteinander verbunden sind (Fig. 25). Nach der Anzahl dieser Nähte führen ja auch die Fische den Namen *Diodon, Triodon* und *Tetrodon.*

Eine Eigentümlichkeit von *Triacanthus* und *Balistes* ist eine sehr feste, verknöcherte Sehne, die das Gelenkende des Unterkiefers mit dem Suboperculum verbindet.

Ähnliche Bildungen finde ich auch beim Chirurgen, bei *Amphacanthus* und bei einigen anderen Fischen. Man ersieht aus diesen Bildungen ganz deutlich, daß die erwähnte Sehne nichts anderes ist als ein in die Länge gezogenes Interoperculum. Zieht man an ihr, so wird der Unterkiefer geöffnet. Die Sehne verstärkt also die Wirkung des M. coraco-mandibularis und gehört daher zu jenen Wiederholungsgruppen, die nach Herm. v. Meyer (Lit. M.) bisweilen vikariierend eintreten, entweder bei Totlagen oder bei anderen Störungen. Die Sehne selbst hat keinen Muskel. Sie ist aber am Suboperculum befestigt und wirkt daher ziehend, wenn das Suboperculum von der Muskulatur des Bauches nach hinten gezogen wird. Es wird also das Maul z. T. von den Bauchmuskeln geöffnet.

In der Literatur konnte ich keine Angaben über diese Sehne auffinden. Ich habe sie daher genauer an mehreren Fischarten

selbst untersucht. Leider kann ich hier nicht weiter auf diese höchst interessanten Umbildungen von Knochen durch Muskelzüge eingehen.

Genaueres über den Verlauf der Kiefermuskeln siehe bei Vetter (Lit. V).

Ergebnisse.

Sehr viele und sehr verschiedenartige Fische können ihre Kiefer derartig vorstülpen, daß dadurch ein röhrenartiges Maul entsteht — ein sogenanntes „spitzes Maul“ oder „Karpfenmaul“. Diese Eigentümlichkeit ist unmittelbar von ihrer Nahrung abhängig; denn bei Änderungen der Ernährung treten auch wesentliche Änderungen im Bau des ganzen Kiefergerüstes ein. Besonders deutlich ist dieses bei nahe verwandten Arten, die oft große Verschiedenheiten an ihren Kiefern zeigen (Lachse, Sandaale, S. 222).

1. Beim Salm und bei den Forellen sind der Vorkiefer und Oberkiefer fest mit dem Schädel verbunden und nur wenig beweglich. Sie sind arge Räuber, die große Beutestücke fassen (Strömlinge, junge Lachse). Sie brauchen feste Kiefer.

Bei ihren nahen Verwandten jedoch den Maränen, Kilchen, Stinten sind der Vorkiefer und Oberkiefer sehr beweglich; denn sie sind Planktonfresser und stülpen ihre Kiefer zu einem weiten Rohre vor, in dem sie Plankton auffangen. Dieselbe Kieferbildung findet man auch bei anderen Planktonfressern, z. B. den Heringen, die den Lachsen recht fern stehen (Fig. 1, S. 217).

2. Die Karpfen, Karauschen, Brachsen, Barben, Gründlinge können ihr Maul noch weiter vorstülpen, als die Heringe, da bei ihnen der Vorkiefer vom Riechknochen abgelöst ist. Ihr „Karpfenmaul“ oder „Stülpschlauch“ ist länger, enger und fester als bei den Heringen. Sie benutzen ihn wie einen Stehheber, mit dem sie Würmer, Schnecken u. dgl. vom Boden aufnehmen (Fig. 3, 4, S. 219).

3. Es gibt aber auch Karpfenarten, die Raubfische sind und sogar Mäuse und Ratten fassen und verschlingen (Rapfen, Döbel). Bei ihnen ist der „Stülpschlauch“ zurückgebildet und die Beweglichkeit ihrer Kiefer wird durch Verknöcherungen eingeschränkt.

Besonders deutlich sind die Verknöcherungen an beiden Enden des Bandes, das über dem Nasenrücken den Vorkiefer mit der Stirn verbindet (Fig. 6, S. 222).

4. Bei vielen Fischarten ist dieses Band zu einem Knochenstabe umgebildet, der in einer tiefen, starren, geraden Rinne hin- und hergleitet, wenn der Unterkiefer bewegt wird (Fig. 15, S. 226). Der Unterkiefer ist am Vorkiefer durch Bänder befestigt. Beschreibt das Kinn einen Kreisbogen, so wird diese **kreisförmige Bewegung in eine geradlinige** des Knochenstabes umgewandelt. Diese Vorrichtung entspricht also der **Schubkurbel** unserer Dampfmaschinen (Fig. 13, S. 224). Der Unterkiefer entspricht der Kurbel, der

Knochenstab des Vorkiefers der Schubstange (vgl. auch Fig. 10 und 11, S. 224).

5. Zwischen dem „Karpfenmaule“ und der Schubkurbel des Stichlinges gibt es sehr zahlreiche Übergangsformen. Am nächsten steht dem Karpfenmaule die Schubkurbel des kleinen Sandaales (*Amodytes tobianus*) (Fig. 8). Ihr Schieber bildet eine Rolle, die aus drei aneinander beweglichen Scheiben zusammengesetzt ist (Schemat. Fig. 10, 11, 12, 13).

6. Die drei Scheiben sind hervorgegangen aus kleinen Knöchelchen, die beim Karpfen am Bande bei der Stirn liegen (Fig. 3 u. 4).

7. Bei den Barschen, Dorschen, Groppen, Brassen und anderen Fischen sind diese drei Knochen bedeutend nach vorn gerückt und bilden die untere Fläche der Schubstange. Beim Stichlinge, *Gazza*, *Equula* u. a. sind die drei Knochen zu einem dünnen Knorpelbelag eingeschrumpft (S. 226).

8. Das Kiefergerüste des Seestichlings ist eine Übergangsform von den „Stülpschläuchen“ zu den starren „Röhrenmäulern“ der Seeschnepfen und anderer Fische mit rohrartiger Schnauze (*Centriscus*, *Aulostoma* u. s. w.) (Fig. 14, 16, 17, S. 228).

9. Das Kiefergerüste der Papageifische (Scariden) bildet eine Übergangsform vom Kiefergerüste der Lippfische (Labriden) zum Kiefergerüste der Haftkiefer (Plectognathen) (Fig. 14, 16, 17).

Bei den Papageifischen geht hierbei eine Fangvorrichtung in eine Schneidevorrichtung über und es tritt eine bedeutende Verkürzung des Unterkiefers ein.

10. Eine beginnende Verkürzung sieht man schon bei *Julis*, außerdem bei den Acronuriden *Acanturus*, *Nasenis* und bei *Teutis*. Den Höhenpunkt erreicht jedoch die Verkürzung erst bei den Kugelfischen *Diodon*, *Triodon*, *Tetrodon*.

11. Das Kiefergerüste der Fische zeigt fast in jeder Familie sehr mannigfaltige Umbildungen, die dem Systematiker oft als ganz regellos erscheinen. Trotzdem gelingt es ganz bestimmte Reihen der Entwicklung an ihnen aufzufinden, wenn man die Lebensweise und Ernährung der Fische genauer untersucht und ihr Kiefergerüste vom Standpunkte der Mechanik aus betrachtet. Man gewinnt dann auch ein Verständnis für viele Knochenbildungen, die bisher dem vergleichenden Anatomen ganz rätselhaft waren, z. B. das spitze Kinn der Sandaale und Rapfen, das Kiefergerüste der verschiedenen Lachsarten, die Einknickung des Unterkiefers bei den Acronuriden und Papageifischen und vieles andere.

12. Hierher gehören auch jene eigentümlichen Sperrvorrichtungen, die den Muskeln der Kiefer das dauernde Offenhalten des Maules so sehr erleichtern. Man findet also auch hier das von mir aufgestellte Naturgesetz wieder: **„Sperrvorrichtungen und Totlagen werden im Tierreiche dazu benutzt um Muskelkraft zu sparen.“**

Literatur.

Arnold, Über Fischnahrung in den Binnengewässern. Verh. v. internat. Zool. Kongr. in Berlin. 1901. S. 553.

Benecke, Berthold, Naturgeschichte der Fische, S. 46, Fig. 64, Fig. 1—16. Entwicklungsform. d. Stichl. war mir nicht zugänglich.

Benecke, B., Fische, Fischerei und Fischzucht in Ost- und Westpreußen. Königsberg i. Pr. 1881.

Brühl, R. C., Anfangsgr. d. vergl. Anat. 1.—3. Lief. Fische nebst Atlas. Wien 1847. Mörschner's Witwe u. Bianchi.

Cuvier et Valenciennes, Hist. nat. d. poissons. Tom. XIV. p. 152.

Ehrenbaum, E., Eier und Larven von Fischen der Deutschen Bucht. Ber. aus der Biol. Anst. auf Helgoland. Nr. 1. Ausgegeben 15. Febr. 1904. Arb. d. Deutsch. wiss. Kom. f. d. intern. Meeresforsch. Gasterost. spin. S. 171. Ammodyt. S. 184. Siehe ebenda Heincke über Nestbau S. 175.

Fick, Rud,, Handb. d. Anat. u. Mech. der Gel. 2. Teil. Jena. Fischer 1910. Schnappgelenke S. 248.

Gegenbaur, Carl, Vergl. Anat. d. Wirbelt. Leipzig 1898. Bd. I, S. 357. Abbild. d. Kopfskel. von *Cottus*.

Graber, Vitus, D. äuß. mech. Werkz. d. Wirbelt. Leipzig Freytag, Prag Tempsky 1886. Abbild. u. Beschr. d. Karpfenmaules S. 81.

Günther, Alb., Handb. d. Ichthyol. Wien 1887, Carl Gerold's Sohn.

Jungersen, Hector, Ichthyol. Contrib. II the Struct. of the Aulost, Syngnat. and Solostom. Kobenhavn 1910.

Bianco Lunos, I. Teil über Centriscus war mir nicht zugänglich.

Klunzinger, Dr. B., Synopsis d. Fische des roten Meeres. 1870.

Klunzinger, Dr. B., Die Fische des Roten Meeres. I. Teil Acanthopt. veri Owen Stuttgart, Schweizerbart's Buchhandl. 1884.

Leunis, Synopsis d. Tierkunde. Hannover 1883, S. 714. Sandaal.

Meyer, Herm., Anatomie des Menschen. Wiederholungsgruppen S. 176.

Pappenheim, P., Zool. Anz. 17. Sep. 1907. S. 139 und Mitteil. d. Zool. Mus. in Berlin. III. Bd. 3. Heft. 1907, S. 341.

Reuleaux, F., Kinematik II. Braunschw., Vieweg u. Sohn 1900. Überwind. d. Totlagen. Fig. 175, 176, 177, S. 230. Sperrvorricht. S. 562. Ebenda Kinematik im Tierreiche S. 748.

Sagemehl, M., Über Pharyngealtaschen der Scarinen u. das Wiederkäuen dieser Fische. Morpholog. Jahrb. 10. Heidelb. 18. März 1884.

Sucta, Die Ernähr. d. Karpf. u. s. w. Stettin 1888.

Thilo, Otto, Naturforschung u. Technik. Vortrag. gehalten im Deutschen Museum von Meisterwerken zu München. Erhältl. im Deutsch. Museum. Preis 40 Pfg. Erklär. meiner Modelle und Präparate im Deutsch. Mus. S. 13 Abbild. d. Kiemenhautspanners. S. 15 Schubkurbel.

Thilo, Sperrvorricht. im Tierreich. Biol. Zentralbl. 1. Aug. 1899. Ebenda Kinematik im Tierreiche 1901, Nr. 16.

Vetter, B., Unters. z. vergl. Anat. d. Kiemen- und Kiefermusk. II. Teil. Jenaische Zeitschr. 1878, S. 489—550.

Zander, Enoch, Allgem. Fischereizeit. 1903, Nr 19 und Zeitschr. f. wissenschaftl. Zool. Bd. LXXV. 1903. S. 233.

Zurmühlen, Max von, Der Hecht, sein Nutzen und Schaden. Praktische Wochenschrift f. Landw., Gewerbefl. u. Handel. Org. d. Kaiserl. Livl. gemeinnütz. u. ökonom. Sozietät 1902, Nr. 46.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Biologisches Zentralblatt

Jahr/Year: 1920

Band/Volume: 40

Autor(en)/Author(s): Thilo Otto

Artikel/Article: Das Maulspitzen der Fische. Das Entstellen und Vergehen seiner Mechanik. 216-238