

Zeitwortstämme hängen, um die zu bezeichnen, die einander etwas tun, für *Sympagma* (S. 14) also Spielnis sagen, für *Symphylacium* (S. 14) Sichernis.

*Confoederatium* (S. 16) ist eine Art Zuneignis (Freundnis, Liebnis), woneben dann aber auch Abneignisse (Feindnisse und Haßnisse) gestellt werden müßten.

Zu den Nissen (d. h. reziproken Sozietäten) artgleicher Wesen treten dann noch solche artungleicher Wesen: Mischspielnisse und Mischsichernisse (*Heterosymphylacium*, S. 16), Mischzuneignisse (*Confoederatium* als eine >Vergesellschaftung artverschiedener Tiere<\*) und Mischabneignisse, Mischfreundnisse und Mischfeindnisse, Mischliebnisse und Mischhaßnisse.

Für *Sympädium* endlich habe ich oben schon im Unterschiede von Jungschaft Kindschaft statt Kinderfamilie gesagt und würde *Sysympädium* am liebsten mit Zwei-, Drei- und Vielkindschaft wiedergeben. Die Ausdrücke Mutterfamilie für *Gynopädium*, Vaterfamilie für *Patropädium* und Elternfamilie für *Patrogynopädium* kann man beibehalten, nur daß man dann noch im besonderen als monogame Elternfamilie die Ehfamilie und als die drei Arten der polygamen Elternfamilie die Männerweib-, die Weibermann- und die Menggattfamilie unterscheiden könnte.

Das *Syngynopädium* hieße am besten Mutterfamilienschaft, das *Sympatropädium*, wenn es ein solches gibt, Vaterfamilienschaft, und das *Sympatrogynopädium* Elternfamilienschaft, im besonderen Ehfamilienschaft.

Die Möglichkeit, sich auf diese Weise in vielen Fällen noch deutscher und allgemeinvertändlicher auszudrücken, wird hoffentlich den in diesem lehrreichen Buch gebotenen wertvollen Erkenntnissen eine noch weitere Verbreitung geben — auch in nicht rein wissenschaftlichen, aber naturliebenden Kreisen.

## 2. Die Entstehung der Augenstellung bei den Schollen.

Von Dr. Otto Thilo †, Riga.

(Mit 12 Figuren.)

Eingeg. am 23. Juli 1918.

Wirklich unterhaltend ist es, eine im Sande halb vergrabene Scholle zu beobachten. Ihre sehr lebhaft gefärbten Augen werden abweichend von denen anderer Fische ohne Unterlaß bewegt. Sie können nämlich nicht bloß unwillkürlich gedreht, sondern auch, wie die der Frösche, emporgehoben oder herausgedrückt und wieder in

ihre Höhlen zurückgezogen werden, spielen somit in den verschiedensten Richtungen, weil unter den verschiedensten Winkeln zur Oberfläche des Körpers. So ungefähr schildert Brehm die Augenbewegungen der Schollen. Von der Richtigkeit seiner Darstellung kann man sich leicht überzeugen, wenn man auf dem Markte eine lebende Scholle kauft und sie in einen Eimer mit Wasser legt, dessen Boden mit Sand bedeckt ist. Sogar anscheinend tote Schollen, die längere Zeit auf dem Trockenen lagen, beleben sich oft wieder, wenn man sie ins Wasser legt.

Sie vergraben sich dann sofort in den Sand, so daß ihre »Augen streng genommen oft das einzige sind, was man von dem im Sande vergrabenen Fische wahrnimmt«, sagt Brehm sehr treffend. Ja, man würde sogar diese Augen oft übersehen, wenn sie nicht in fortwährender Bewegung wären. Die große Beweglichkeit der Augen fällt ganz besonders auf, wenn man eine Scholle mit einem Goldfisch vergleicht, der ja seine Augen nur wenig bewegt; denn sie sind ganz besonders eng von einem starren Knochenringe umschlossen. Schon bei den Karaschen ist der Ring stark entwickelt, aber bei den »Teleskopen« erreicht er eine ganz überraschende Breite und Dicke. Er legt sich auch so fest gegen die hervorquellenden Glotzaugen des Fisches, daß ihre Bewegungen sehr eingeschränkt werden.

Bei den Schollen hingegen fehlt am unteren Auge der untere Teil des Ringes fast ganz. Das untere Auge ist daher vollständig frei beweglich. Das obere Auge wird allerdings ringsum von einem Knochenringe umschlossen, aber so locker, daß der Ring die Bewegungen des Auges nicht im geringsten stört. Das Augenlid der Schollen ist gleichfalls ganz besonders locker und dehnbar. Sehr richtig sagt schon Harman (8): Eine lockere Haut verbindet den Rand der Hornhaut mit dem Rande der Augenhöhle nach Art eines Kragens. Diese Art der Verbindung gestattet dem Auge sehr freie Bewegungen, um die verschiedensten Achsen, sie gestattet auch dem Auge aus seinen Höhlen hervorzutreten. — Die Richtigkeit dieser Angabe kann man leicht feststellen, wenn man die Hornhaut mit einer Hakenpinzette erfaßt. Man kann das Auge dann weit hervorziehen, und seine Bindehaut wird ausgezogen wie an einer Ziehharmonika. Auch wenn man ganz leicht unterhalb des Auges mit einem Stäbchen drückt, so quillt es sofort weit hervor. Ich habe nirgends eine Angabe dieses Handgriffes gefunden, und doch scheint er mir wichtig für die Beurteilung des Hervorquellens der Augen bei den Schollen. Schon oben wurde erwähnt, daß am unteren Auge der Schollen die Augenhöhle eine Lücke hat, d. h. es fehlt hier ein knöcherner Rand. Diese Lücke wird ausgefüllt durch sichelförmig

gekrümmte Fasern des Kaumuskel, die zum Oberkiefer hinziehen (Näheres siehe bei C. Voigt u. E. Yung, Bd. II. S. 489 u. Fig. 207). Ich halte es für sehr wahrscheinlich, daß diese Muskeln, wenn sie sich zusammenziehen, einen Druck erzeugen, der das Auge aus seiner Höhlung hervordrängt. Leider stehen mir für längere Zeit keine lebenden Schollen zur Verfügung, sonst könnte ich ja leicht mit Hilfe des elektrischen Stromes diese Frage entscheiden nach dem Vorgange von Duchenne (vgl. Darwin, Der Ausdruck der Gemütsbewegungen bei dem Menschen und den Tieren. Einleitung S. 4). Aus allem diesem ersehen wir wohl, daß die Beweglichkeit der Augen bei den Schollen ganz besonders groß ist und daher eine dauernde Verschiebung der Augen in hohem Grade erleichtert. Gewiß ist sie nicht die Grundursache der Verschiebung. Sie tritt vielmehr ein, weil die Schollen durch ihren flachen und breiten Körper gezwungen werden, auf einer Seite im Sande zu liegen. Sie fallen eben um, wie ein Veloziped, das im Laufe anhält.

Der Reiz des Sandes ist namentlich dem Auge der jungen Schollen ganz besonders schädlich, und viele von ihnen haben ein Auge verloren, wenn man sie fängt (Williams 24). Das Auge ist nämlich vollständig ungeschützt, und die jungen Schollen müssen es erst an den Sandboden gewöhnen; denn sie entschlüpfen Eiern, die auf dem offenen Meere an der Oberfläche schwimmen, verbleiben hier als »Oberflächenformen« wochenlang und ziehen erst dann zum Sandstrande. Während dieser Zeit sind ihre Augen auch noch symmetrisch, d. h. sie tragen zu jeder Seite des Kopfes ein Auge, wie alle andern Fischarten. Hierüber schreiben Heincke u. Henking (Nr. 9, 1907): »Die Metamorphose der symmetrischen Larven der Scholle zur symmetrischen ausgebildeten Gestalt findet noch<sup>2</sup> im planktonischen Stadium statt. Während derselben wandern die Larven der Küste zu, oder besser dem Strande. Denn die jüngsten Bodenstadien der Scholle, im Mittel etwa 13—14 mm lang, finden sich mit verschiedenen geringen Ausnahmen in unserm Gebiet nur in der Tidenregion des Strandes in ganz flachem Wasser von  $\frac{1}{2}$  bis 5 m Tiefe, meist auf Sandgrund, seltener auf Schlick.«

Also die sogenannte »Augenwanderung« geht im wesentlichen erst vor sich, wenn sich die jungen Schollen auf den Sandboden niederlassen und aus »Oberflächenformen« »Bodenformen« werden.

Es gaben allerdings mehrere Forscher an, daß man schon an Oberflächenformen leichte Ungleichheiten der Augen bemerkt. Jedenfalls sind sie unbedeutend im Vergleich zur eigentlichen Augenwanderung; denn Williams (27) sagt: »Ihr größter Teil ist ein rapider Prozeß, der nicht mehr als 3 Tage dauert.« Er fing Jugend-

formen von *Pseudopleuronectes americanus* und *Rothus maculatus* und hielt sie hierauf in weiten Lampencylindern, über deren Enden er Netze zog. Die Cylinder wurden an Rahmen befestigt, die im Meere schwammen.

Es wurden auch solche Fische gefangen, die das Wanderauge auf der Stirn trugen. Sie schwammen noch aufrecht, legten sich

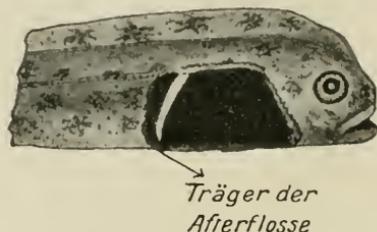


Fig. 1. Seeszunge vor der Augenwanderung. Vergr. etwa 10fach.

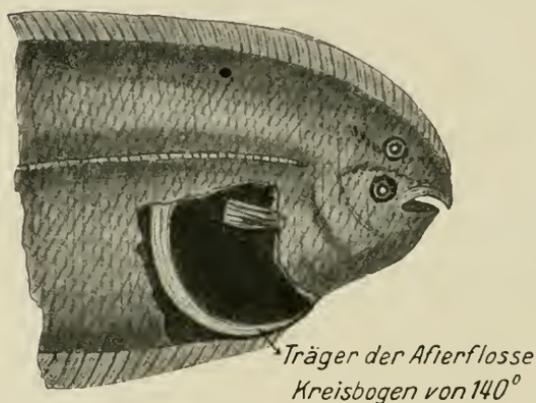


Fig. 2. Erwachsene Seeszunge.

aber oft auf die zukünftige Augenseite. In 3 Tagen nach dem Fange wurde beides, das Schwimmen und die Augenstellung, wie bei Erwachsenen.◀

Dieser rapide Prozeß geht also vor sich, wenn sich die jungen Fischchen auf die Seite legen und hierdurch das eine Auge gegen den Boden stößt und in den Sand gerät. Es hat wohl ein jeder erfahren, wie empfindlich ein unbedecktes Auge gegen jede äußere Berührung ist.

Jeder Augenarzt weiß auch nur zu genau, wie gewaltsam die Pupille »nach oben flieht«, wenn er die Lidspalte öffnet, um ein Sandkorn von der Hornhaut zu entfernen. Das ungeschützte Auge der »Bodenformen« ist aber vollständig im Sande vergraben, wenn

die Fischchen auf einer Seite liegen. »Es flieht nach oben«, bis es auf der andern Seite des Kopfes in Sicherheit gelangt. Ganz selbstverständlich geraten da die Muskeln des Auges reflectorisch in gewaltsame Zusammenziehungen.

In Fig. 3, 4, 5 sind genau nach der Natur die Folgen dieser Zusammenziehungen dargestellt. Ich habe die Figuren genau nach Präparaten gezeichnet, die neuerdings von mir unter der Lupe angefertigt wurden und in meiner Sammlung aufbewahrt werden.

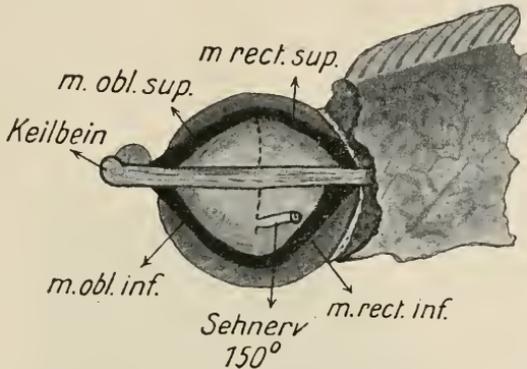


Fig. 3—5. Das Auge wird auf das Keilbein erhoben.  
Rechtes Auge des Steinbutt, Siebbein und Stirnbein entfernt.  
Fig. 3. Vor der Wanderung.

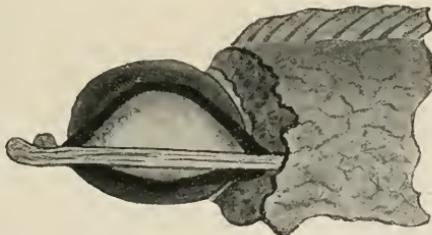


Fig. 4. Die unteren Muskeln heben das Auge auf das Keilbein, die oberen rollen es um das Keilbein.

Genaueres über die Anfertigung dieser Präparate und ihrer Abbildungen siehe im technischen Anhang S. 140. Hier will ich nur kurz anführen, daß ihre Herstellung unter der Lupe nicht so unüberwindliche Schwierigkeiten bereitet, wie es wohl manchem Leser erscheint. Schon Pfeffer sagt: »Durch die Verschiebung des Auges sind die vorderen schrägen Muskeln bloßgelegt.« Aber auch die übrigen Muskeln konnte ich ohne allzu große Schwierigkeiten unter der Fernrohrlupe von Zeiß bei 25facher Vergrößerung darstellen und durch Färbung mit Eosin deutlich sichtbar machen. Ich versuchte es auch, ihren Verlauf durch Serienschritte festzustellen. Allein die Muskeln verlaufen so wirr durcheinander, daß ich auf Schnitten immer nur ganz unzusammenhängende Stücke von Muskeln erhielt. Solche Stücke kann wohl selbst eine sehr lebhaft Phantasie nicht mehr zu eindeutigen Formen kombinieren. Daher versparte ich das Anfertigen

von Schnitten für andre Untersuchungen und wandte mich in diesem Falle der Lupentechnik zu.

Fig. 3 zeigt das rechte Auge einer Steinbutte beim Beginn seiner Wanderung. Das linke Auge des Fischchens ist entfernt. Desgleichen der größte Teil seiner Gesichtsknochen. Das Keilbein (Parasphenoid) überquert etwa die Mitte des Auges. Diese Stellung zum Keilbein nimmt das Auge bei den Jugendformen aller Fische zunächst ein, und erst bei Erwachsenen liegt es auf dem Keilbein. Bei den Schollen jedoch verbleibt das eine Auge stets in der Stellung (Fig. 3). Das andre Auge hingegen wird bald bei den »Bodenformen« auf das Keilbein erhoben. Es wird von den unteren Augenmuskeln hinaufgezogen (Fig. 4). Nur so ist es möglich, daß es so plötzlich hoch kommt und so weit die Stirn überragt, wie das an allen »Cyclophenformen« auffällt.

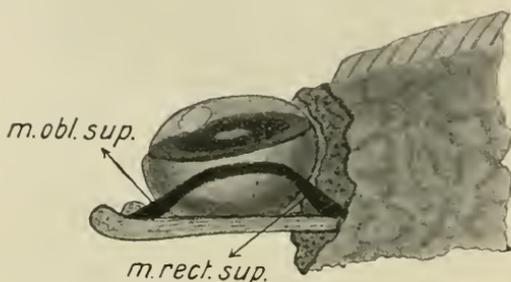


Fig. 5. Das Auge ruht auf dem Keilbein.

Das Erheben auf das Keilbein finde ich in der Literatur nirgends angegeben, und ich selbst habe es auch erst neuerdings bemerkt, als ich eine größere Anzahl junger Schollen mit den Jugendformen anderer Fischarten verglich. Stephen Williams bezeichnet das Erheben des Auges als einen »rapiden Prozeß« und fügt hinzu, daß es nicht sofort für immer in dieser erhobenen Stellung verbleibt, sondern auch vorübergehend wieder herabrutscht. Bei den von ihm untersuchten Arten wird erst in 3 Tagen das Seitenschwimmen und die Augenstellung wie bei Erwachsenen.

Zugleich mit der Erhebung des Auges ist aber auch eine Drehung um seine Querachse eingetreten, bei der das Keilbein als Stützpunkt diente (Fig. 4 u. 5). Die beiden oberen Muskeln haben diese Drehung bewirkt.

Alle diese Lagenveränderungen kann man bequem an einem Modell verfolgen, das ich schon vor Jahren<sup>1</sup> hergestellt habe.

<sup>1</sup> Diese Modelle befanden sich in den Museen von Berlin, Wien, Hamburg, Halle a. S., Frankfurt a. M., München, Stuttgart, Königsberg, Weimar, Düsseldorf, Helgoland, Triest, Neapel.

An einer senkrecht stehenden Blechplatte ist eine Holzkugel mit Schnüren angebracht, die durch Löcher der Platte verlaufen und an ihren Enden mit Gewichten beschwert sind.

Die Schnüre sind genau so angeordnet, wie die Muskeln der Schollen vor der Augenwanderung.

Zieht man an den unteren Schnüren (Fig. 3, M. obl. inf. und M. rect. inf.), so wird die Kugel bis zum oberen Rande der Platte erhoben. Hierauf wird sie von den oberen Schnüren selbsttätig über den oberen Rand hinweg auf die andre Seite der Platte gerollt, da die Enden der oberen Schnüre (M. obl. sup. und M. rect. sup., Fig. 3) mit einem Gewichte belastet sind.

Ich benutze hier also dasselbe Verfahren, das jeder Anatom instinktiv anwendet, wenn er die Zugwirkung eines Muskels feststellt. Er erfaßt den Muskel und zieht an ihm.

Ganz selbstverständlich ist es bei den kleinen Schollen nicht möglich, ihre Augenmuskeln selbst zu erfassen, denn die Fischchen sind ja oft kaum 1—2 cm lang.

Daher fertigte ich ein Modell an, das in vergrößertem Maßstabe die Muskelzüge am Auge des Fischchens wiedergibt.

Zieht man an diesen Schnüren, so stellt man ganz handgreiflich die Zugwirkung der Augenmuskeln fest. Dasselbe Verfahren ist ja auch in der Technik ganz unentbehrlich zum Feststellen der »Zuglinien« beim Schiffsbau, Brückenbau und andern höchst verantwortlichen Bauten. Das Verfahren gilt ja auch in der wissenschaftlichen Mechanik als ganz unanfechtbar. Vgl. Ott, Die Elemente der Mechanik und Mach, Die Mechanik in ihrer Entwicklung (S. 85).

An meinem Modell sieht man auch, daß die Zwischenwand der Augen über dem Keilbein eingedrückt wird, wenn das Auge die Lage in Fig. 4 erreicht. Es ist nämlich am Modell über dem Keilbein eine bewegliche Klappe angebracht. Diese wird eingedrückt, nach dem Parallelogramm der Kräfte, wenn man an den Schnüren zieht und die Schnüre das Auge auf das Keilbein erheben. Schon Pfeffer (14) hat darauf hingewiesen, daß nur der obere Teil der Zwischenwand beider Augen halbkreisförmig eingebogen wird, d. i. das Siebbein und die beiden Stirnbeine (Fig. 6, 7, 8). Das Keilbein bleibt geradlinig, nur sein mittlerer Teil wird allmählich um seine Längsachse gedreht und hierdurch »gekatet«. Die Verbiegung des Siebbeines und beider Stirnbeine wird einem jeden verständlich sein, der die Augen junger Schollen bei beginnender Augenwanderung unter der Lupe mit Nadeln untersucht hat. Diese Knochen sind dann noch so weich, daß sie nur gar zu leicht verbogen werden, wenn man sie mit den Nadeln berührt. Das Keilbein hingegen ist bedeutend dicker und

widerstandsfähiger gegen alle Verbiegungen mit Nadeln. Zugleich mit der Verbiegung des Siebbeines und den beiden Stirnbeinen treten aber auch bedeutende Resorptionen dieser Knochen ein.

Über die Resorptionen schreibt Williams: »Der erste Anfang einer Metamorphosis ist bei *P. americanus* eine rapide Resorption

Fig. 6.

Fig. 7.

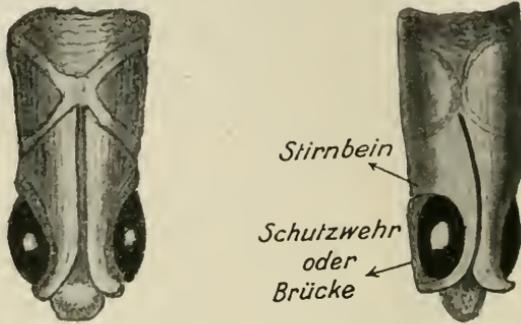


Fig. 8.

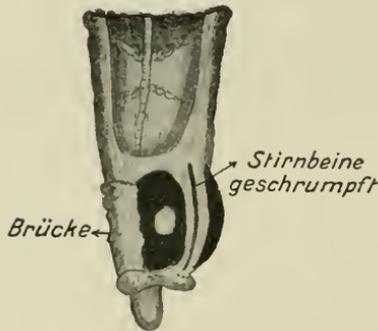


Fig. 6—8. Die Verbiegung der Stirnbeine bei der Flunder.

Fig. 6. Vor der Wanderung. Vergr. 40.

Fig. 7. Während der Wanderung.

Fig. 8. Nach der Wanderung. Erwachsene Flunder.

des Knorpelriegels, der auf der Bahn des Auges liegt. Das wird sicher durch den Druck des Wanderauges verursacht.« Auch Mayhoff (10) beschreibt die Resorptionen der Stirnbeine und fügt hinzu: »Sie werden, bildlich gesprochen, von dem wandernden Auge nach der Außenseite hin eingedrückt« (S. 397).

Der Ausdruck »bildlich gesprochen« deutet darauf hin, daß es Mayhoff nicht recht verständlich ist, wie das wandernde Auge eine Knochenwand eindrücken kann. Auch andre Zoologen und Anatomen äußerten im Gespräch, sie könnten das nicht einsehen, denn das Auge sei doch weich und der Knochen starr! Hiergegen muß

ich einwenden: Das Auge der Fische ist nicht weich, sondern starr. Ein Knochenüberzug charakterisiert das Auge der meisten Knochenfische. Seine Sehnenhaut ist überdies noch reich mit Faser- und Hyalinknorpel ausgestattet (Wiedersheim, Rob., Lehrb. d. vergl. Anatomie d. Wirbeltiere). Wie fest und dick der Überzug ist, sieht man besonders deutlich auf Schnitten der Augen junger Schollen (Williams u. a.). Außerdem ist das Auge noch prall mit einer Flüssigkeit gefüllt. Die pralle Füllung allein genügt aber schon, um selbst aus einer elastischen Hülle einen sehr widerstandsfähigen Körper zu machen. Das zeigen wohl am besten unsere Luftkissen. Außerdem haben wir schon oben gesehen, daß der obere Teil der Zwischenwand beider Augen während der Augenwanderung sehr biegsam ist. Man kann also nicht sagen: das Wanderauge ist weich und die Zwischenwand der Augen ist starr. Man muß vielmehr sagen: das Auge ist starr und die Zwischenwand ist nachgiebig an ihrem oberen Teile, der eingedrückt wird.

Im Tierreich sieht man es übrigens sehr oft, daß Knochen verbogen und auch resorbiert werden, wenn elastische Hüllen, die an ihnen befestigt sind, sich mit Luft oder Flüssigkeit prall füllen. Ich habe dieses nachgewiesen am Träger der Afterflosse bei den Schollen (vgl. Nr. 21, 25 u. 26). Er ist bei Schollen von 5 mm Länge noch gerade. Erst bei Schollen von 10—15 mm wird er von den gefüllten Eingeweiden nach hinten »ausgebaucht«, weil die Afterflosse bis zur Bauchflosse vorrückt und hierdurch der Raum zwischen beiden fast ganz verschwindet (vgl. Fig. 1 u. 2).

Der Träger der Afterflosse bildet dann sehr genau einen Kreisbogen, entsprechend den kugelförmig zusammengeballten Eingeweiden. Die Verbiegungen sieht man vortrefflich auf den schönen Abbildungen von Ehrenbaum (7) (Fig. 25—28). Nach meinen Messungen bildet er einen sehr genauen Kreisbogen (Steinbutt  $120^{\circ}$ , Seezunge  $140^{\circ}$ ). Ähnliche Verbiegungen findet man auch am Afterflossenträger vieler Stachelmakrelen (*Zeus*, *Aconthurus*, *Chorinemus*, *Trachynotus*). Bei *Amphacanthus* ist auch der Träger der Bauchflosse verbogen und bildet mit dem Träger der Afterflosse zusammen einen knöchernen Kreisbogen von  $220^{\circ}$ . Hieraus ersieht man wohl, daß Verbiegungen von Knochen im Tierreiche sehr häufig sind. Auch beim Menschen kommen sie vor. Jeder erfahrene Arzt hat es gesehen, daß Armknochen bei Kindern verbogen werden, durch Brandnarben und auch durch die Züge von Muskeln, deren Antagonisten gelähmt sind. Die Verbiegungen der Stirnbeine bei jungen Schollen sind also gar nicht auffallend. Auf die Verbiegung des oberen Teiles der Zwischenwand beider Augen hat zuerst Pfeffer hingewiesen — soweit mir bekannt.

Ich halte die Feststellung dieser Tatsache für grundlegend; denn durch sie kam erst Klarheit in die Beurteilung der Augenwanderung. Bis dahin wurde mit Steenstrup ganz allgemein angenommen: Das Auge wandert über die Stirn hinweg auf die andre Seite des Kopfes. Leider liest man diese und ähnliche unklare Vorstellungen noch immer in vielen Handbüchern. Noch mehr verbreitet aber ist der Glaube, daß die Schollen »ein schiefes Maul haben«. Dieser Glaube ist sogar als Volksglaube von Fritz Reuter in Läuschen und Rimels festgelegt. Er ist jedoch nur ein Aberglaube, der auf einer allgemeinen »optischen Täuschung« beruht, die sofort verschwindet, wenn man sich eine Scholle genauer von vorn her ansieht. Sehr richtig sagt schon Pfeffer: »Auf der Ethmoidalregion ist der Vordertheil völlig symmetrisch geblieben.«

Wir haben also gesehen, daß nach den Untersuchungen von Cunningham, Pfeffer, Williams, Thilo die Zugkräfte der Augenmuskeln einen Druck erzeugen, der den oberen Teil der Wand zwischen den Augen verbirgt und zum Teil resorbiert.

Neben den »Zugkräften« der Muskeln sind aber auch noch andre Kräfte bei der Verschiebung des Auges wirksam, das sind »Stützkräfte«.

Schon Pfeffer weist darauf hin, daß hinter dem vorrückenden Auge eine Lücke entsteht, die durch nachrückendes Gewebe ausgefüllt wird (Fig. 7). Das Gewebe verhindert den Rückgang des Auges, schiebt aber auch zugleich das Auge vorwärts. Ist es schließlich auf die andre Seite des Kopfes gelangt, so verknöchert das Gewebe zur sogenannten »Knochenbrücke« oder »Schutzwehr« (Fig. 8). Mit Recht weist Pfeffer darauf hin, daß derartige Knochenbildungen an Fischschädeln sehr häufig sind. Ich erinnere hier nur an die Hautknochen unter den Augen der Fische (Infraorbitalia). Wir haben schon oben gesehen, daß sie bei den verschiedenen Fischarten sehr verschieden stark entwickelt sind. Ich fand deutliche Infraorbitalia sogar unterhalb der Brücke einer Scholle (*Platysomatichthys hippoglossoides*, Murmanküste. Vgl. Thilo, Die Vorfahren der Schollen, S. 343). Das fällt wohl um so mehr auf, als ja sonst bei den Schollen nur Spuren von Infraorbitalia nachweisbar sind.

Offenbar hatte sich an dieser Varietät des Heilbutt die auf besonders steinigem Boden lebt, eine zweite »Schutzwehr«, unterhalb der ersten Schutzwehr (Brücke) gebildet. — Es war hier zunächst ein schwieriges Schutzpolster entstanden, das allmählich verknorpelte. Ähnlich verknorpelte, ja sogar verknöcherte Schutzpolster findet man ja bei den Steinbutten ganz besonders häufig. Das sind eben ihre »Steine« (vgl. Thilo, Vorfahren d. Schollen S. 331).

Mich erinnern diese »Steine« an die Schutzwehre (Fender) der Schiffe, die als Schutz beim Landen an Bord gehängt werden.

Ganz ausdrücklich sagt Pfeffer: »Die ‚Knochenbrücke‘ tritt erst nach Abschluß der Rotation (Augenwanderung) und Bildung der oberen Orbita auf, indem sie zuerst als dünne Falte an der Orbita hängt.«

Mayhoff(11) behauptet das Gegenteil. Er behauptet, daß zuerst die Brücke als Subocularstrang entsteht und hierdurch zum großen Teil die ganze Augenwanderung hervorgerufen wird.

So verstehe ich folgende Stelle seiner Abhandlung: »Die Hebung des Auges kommt dadurch zustande, daß infolge des eben betonten Längenwachstums von Parasphenoid und Interocularleiste die beiden Ansatzpunkte des Subocularstranges nach vorn und hinten auseinanderrücken, dieser letztere selbst somit gespannt wird. Da dorsal vom Auge bereits vorher Knorpel und Knochen in weitem Umfange geschwunden sind, anderseits die Entfernung des Bulbus von der Medianen der Schädelbasis durch die Augenmuskeln und den Sehnerven fixiert ist, so weicht der Bulbus dem dorsal gerichteten Druck des Subocularstranges dorsomedialwärts aus. Verstärkt wird diese Bewegung dadurch, daß durch die am Ethmoidknorpel stattfindende ‚Torsion‘ (s. oben) der obere Ansatzpunkt des Subocularstranges selbst sich dorsomedialwärts verschiebt und daß mit der Beanspruchung die Masse der Fasern des Stranges zunimmt, sein Querschnitt sich dorsalwärts verbreitert.« Diese Darlegungen scheinen mir auf einigen willkürlichen Voraussetzungen zu fußen.

1) Es wird vorausgesetzt, daß die Zwischenwand der Augen ganz besonders schnell in die Länge wächst, der Subocularstrang hingegen ganz besonders langsam.

2) Es wird vorausgesetzt, daß beide Enden des Stranges gleich von vornherein ganz unnachgiebig fest mit ihrer Umgebung verwachsen sind.

Nur wenn beide Voraussetzungen zutreffen, kann der Strang die Zwischenwand krumm ziehen, wie eine gespannte Selne ihren Bogen krümmt.

Beide Voraussetzungen sind aber durch nichts bewiesen, ja sie sind nicht einmal wahrscheinlich; denn Williams bezeichnet das Erheben des Auges als einen »rapiden Prozeß«. — Bei den von ihm untersuchten Arten wurde schon in 3 Tagen die Augenstellung wie bei Erwachsenen. So rapid ist denn doch das Längenwachstum der Zwischenwand beider Augen nicht, daß sie in 3 Tagen eine bleibende Erhebung und Drehung des Wanderauges bewirken kann.

Aber selbst wenn alle diese Voraussetzungen richtig wären,

würden sie doch nicht beweisen, daß die **Zugkräfte** der Augenmuskeln an der Hebung des Auges ganz unbeteiligt sind. Sie würden nicht feststellen: »Von Anfang an sind es **ausschließlich Stützkräfte**, die das Auge heben« (Mayhoff S. 389). Mayhoff sagt ja selbst, daß »die Entfernung des Bulbus von den Medianen der Schädelbasis durch die Augenmuskeln fixiert ist«.

Ziehen sich nun die unteren Augenmuskeln zusammen, so erheben sie das Auge auf das Keilbein.

Das zeigt ein Blick auf Fig. 3. Das zeigt noch deutlicher mein Modell. Nun meint aber Mayhoff, daß meine bisherigen Abhandlungen den Verlauf der Augenmuskeln bei jungen Schollen nicht richtig wiedergeben. Sie verlaufen nach seinen Untersuchungen nicht wie in Fig. 3, sondern wie bei erwachsenen Schollen (Fig. 12). Leider gibt Mayhoff keine Abbildungen von seinen Untersuchungen. Seine Behauptung veranlaßte mich, neuerdings wieder die Augen einer größeren Anzahl jüngerer Schollen zu untersuchen. Schon oben (S. 123) sagte ich, daß Schnittserien nur sehr vieldeutige Bilder geben. Hingegen zeigten mir Untersuchungen unter der Fernrohrlupe von Zeiß die Muskeln so wie in Fig. 3 bei der Flunder, Kliesche, Steinbutte (Näheres s. S. 124 ff). Nehmen wir aber mit Mayhoff an, daß sie nicht so verlaufen wie in Fig. 3 sondern so wie bei erwachsenen Schollen, d. h. die unteren Muskeln (*M. obliquus inferior* u. *M. rectus inferior*) haben ihre Ansätze nicht in der Nähe der Hornhaut, sondern in der Nähe des Sehnerven (Fig. 3). Auch dann wird das Auge auf das Keilbein erhoben, wenn seine unteren Muskeln sich zusammenziehen, denn der Sehnerv liegt vor der Augenwanderung unterhalb des Keilbeines (Pfeffer, S. 5). Ich stellte das an meinem Modell fest, indem ich seine unteren Schnüre entsprechend dem Sehnerv befestigte.

Es wurde auch dann noch die Holzkugel spielend erhoben und auf die andre Seite der Platte gerollt. Das ist ja auch ganz verständlich, denn der dem Keilbein anliegende Teil des Auges ist kugelförmig, und es besteht noch immer ein Bogen von  $150^\circ$  zwischen den Anätzen der obereren und der unteren Muskeln, wenn sich die unteren Muskeln beim Sehnerven ansetzen (Fig. 3). Ja, es wurde sogar am Modell die Holzkugel noch erhoben, wenn ich die unteren Schnüre so befestigte, daß zwischen ihnen und den oberen Schnüren nur ein Bogen von  $100^\circ$  bestand. Hierbei ist noch zu berücksichtigen, daß die Züge der Muskeln jedenfalls viel günstiger wirken, als die Züge der Schnüre eines Modells.

Nach meinen neuesten Untersuchungen an jungen Schollen setzen sich die unteren Muskeln jedoch nicht beim Sehnerven an, sondern

meistens in der Nähe der Hornhaut, bisweilen in der Mitte zwischen dem Rande der Hornhaut und dem Sehnerven, wie etwa bei den Karpfen.

Man findet also auch hier Unregelmäßigkeiten. Es ist ja überhaupt ihr Kopf, wie schon Geßner sagt — »gantz widerwertig gesetzt«. Als vor vielen Jahren bei Frankfurt im Main eine Scholle gefangen wurde, da meinten viele eine Mißbildung vor sich zu haben. So kann es auch dem Arzte ergehen, der zum ersten Male in seinem Leben

Fig. 9.

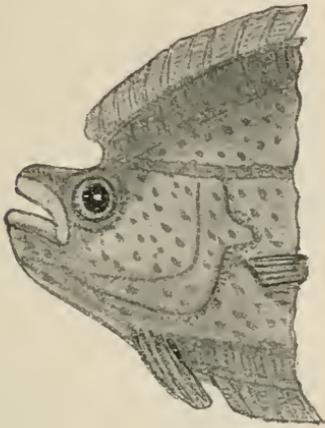


Fig. 10.

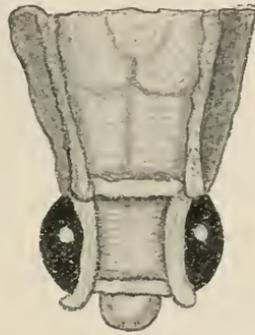


Fig. 9 u. 10. Erwachsene symmetrische Flunder.

Fig. 9. Nat. Größe.

Fig. 10. Schädel von Fig. 9 von oben gesehen.

eine Scholle sieht und zergliedert. Er wird dann bei ihr am Kopfe, an den Eingeweiden und andern Körperteilen Verhältnisse finden, die ihm geradezu als krankhaft erscheinen.

Hierher gehört z. B. die Degeneration des *M. rectus externus* (Fig. 12). Schon Cunningham (2 u. 3) bespricht diese Verhältnisse. Harman gibt folgende Maße des Muskels beim Steinbutt und Heilbutt.

#### **Musculus rectus externus.**

Steinbutt	Länge 46 mm	Breite 1 mm	Dicke 1 mm.
Heilbutt	» 81 »	» 5 »	» 3 »

#### **Musculus rectus internus.**

Steinbutt	Länge 44 mm	Breite 3 mm	Dicke 2 mm.
Heilbutt	» 85 »	» 8 »	» 5 »

Ähnliche Verhältnisse finde ich an einer Varietät des Heilbutt von der Murmanküste und bei allen von mir untersuchten Schollenarten.

Wodurch entsteht nun die Degeneration? Sehen wir uns den Muskel genauer an, so finden wir, daß seine Degeneration keine vollständige, sondern nur eine teilweise ist, und zwar sieht sie so aus, wie jene Degenerationen, die durch einen dauernden Druck auf den Nerven eines Muskels entstehen (partielle Kompressionsdegeneration). Ein Blick auf Fig. 11 zeigt, daß der Nerv des *M. rectus ext.* durch einen besonders engen Knochengang verläuft. Er durchdringt hierbei das Dach des »Augenmuskelkanals«, der die hintere Hälfte der

Fig. 11.

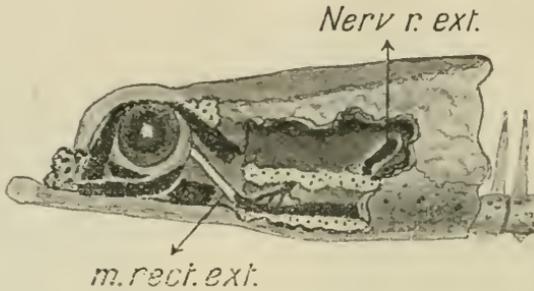


Fig. 12.

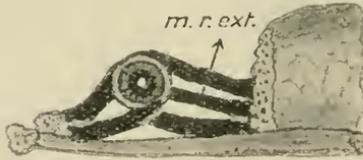


Fig. 11 u. 12. Der äußere Augenmuskel ist an beiden Augen bei allen Schollen infolge der Augenwanderung degeneriert. Partielle Kompressionsdegeneration.

Fig. 11. Flunder. Schädelhöhle und Kanal der Augenmuskeln eröffnet. Am Grunde des Kanales der *M. rect. ext.* Die andern Muskeln abgeschnitten und entfernt.

Fig. 12. Erwachsene symmetrische Flunder. Die Augenwanderung unterblieb. Augenmuskeln vollständig umschließt. In Fig. 11 ist der Kanal eröffnet, und die übrigen Augenmuskeln sind aus dem Kanale entfernt, um die Verteilung des Nerven in seinen Muskel deutlicher zu zeigen. Man sieht, daß der Nerv eine verhältnismäßig lange Strecke in einer dünnen Knochenplatte verläuft. Wird nun die Platte verbogen, so wird der schon an und für sich enge Knochengang des Nerven noch enger und drückt dann an mehreren Stellen auf den Nerven.

Verbiegungen der Platte sind aber bei der Augenwanderung unvermeidlich; denn wir haben gesehen, daß die Verschiebung der Augen ganz bedeutende Verschiebungen der sie umschließenden

Knochenteile hervorrufen. Hierzu kommen noch ganz besonders feste Verknöcherungen der verschobenen Teile. Überhaupt sind alle Kopfknochen der erwachsenen Schollen stärker verknöchert als bei vielen andern Fischen, z. B. beim Lachs. Mir scheint namentlich die feste Verknöcherung ihrer Gesichtsknochen von ihrer Lebensweise bedingt zu sein. Sie bohren sich mit einer unglaublichen Geschwindigkeit in den Seesand, der oft steinhart von den Wellen gestampft ist, und während des Winters verbleiben sie verhältnismäßig tief in den Grund eingeschlagen (Heincke und Henking, S. 17). Hierbei wird jedenfalls die Festigkeit ihrer Gesichtsknochen in hohem Grade beansprucht, und infolgedessen sind sie auch besonders fest verknöchert. Wir sehen also, die Degeneration des *M. rectus ext.* hat dieselben Ursachen wie die Degeneration der Gesichtsmuskeln bei vielen Menschen. Auch der Gesichtsnerv (*N. facialis*) verläuft durch einen langen, engen Knochengang, und die von ihm versorgten Gesichtsmuskeln atrophieren sehr häufig durch Verengerungen seines Ganges (vgl. Eulenburg, Real-Enzyklop. d. ges. Heilk. Bd. 9, S. 179).

Nun könnte man wohl fragen: Woher kommt es wohl, daß die Nerven der andern Augenmuskeln (*N. oculomotorius* und *N. trochlearis*) nicht auch infolge von Druck degenerieren? Die Antwort lautet: Sie verlaufen durch weite Öffnungen in die Augenhöhle, und diese Öffnungen werden, da sie weit sind, nicht so bedeutend verengt, daß ein Druck auf die Nerven ausgeübt wird. Auch der Knochengang vom Nerven des *M. rectus ext.* wird nicht immer gleich stark verengt.

Dementsprechend findet man denn auch große Schwankungen in der Entwicklung des *M. rectus ext.* Besonders groß sind sie nach meinen Untersuchungen an den Flundern der Ostsee, ja an einer Flunder aus Alt-Pillau ist der *Rectus ext.* kaum wesentlich schwächer als die übrigen Augenmuskeln (Fig. 12). Dieser Fisch ist aber auch vollständig symmetrisch, d. h. er hat zu jeder Seite des Kopfe sein Auge, wie alle übrigen Fischarten (Fig. 9). Er ist vollständig ausgewachsen (Länge 8, Breite 4 cm). Beide Seiten sind gleich dunkel gefärbt. Die Augenwanderung unterblieb bei ihm, weil seine Stirnbeine auffallend breit sind und außerdem noch durch Knochenleisten versteift werden. Mit einem Worte, er hat einen vollständigen **Mopskopf**, wie er ja bei vielen Meeresfischen nicht ganz selten ist. Die Leisten konnten seine Augenmuskeln nicht verbiegen. Die Knochenteile, die seine Augen umschließen, blieben unverbogen, und infolgedessen wurden seine *M. rectus externi* kaum degeneriert. Sie blieben also ungefähr so wie sie bei andern Schollen vor der Augenwanderung sind.

Ähnlich liegen die Verhältnisse bei einem jungen symmetrischen

Steinbutt. Ich verdanke ihn der großen Güte des Direktors, Professor Cori in Triest. Er ist 25 mm lang, auf beiden Seiten dunkel gefärbt, die Augen stehen wie bei andern Fischarten, und seine Rückenflosse reicht bis zur Schnauze. Im Gegensatz zu Fig. 9 hat er keinen Mopskopf. Derartige Formen sind vielleicht doch nicht so überaus selten, wie das gewöhnlich angenommen wird; denn sie kommen in England auf den Tisch und sollen nach den Mitteilungen von Day (4) besonders gut schmecken.

Er schreibt über sie: »Diese Doppelfische hat man beobachtet bei Flundern, Steinbutten, Seezungen usw. Man hat bemerkt, daß sie aufrecht schwimmen und sich mehr an der Oberfläche aufhalten, als Schollen, die auf der Seite schwimmen. Alle, die solche Schollen gegessen haben, wissen, daß sie für die Tafel weit höher geschätzt werden, als Schollen mit ungleich gefärbten Seiten. Vielleicht wäre es möglich, aus größeren Fischereibetrieben eine größere Anzahl derartiger ‚Doppelfische‘ (doubles flat fishes) zu erhalten. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß namentlich unter jungen Flundern, die häufig in ‚Strömungsnetze‘ geraten sich öfters Doppelfische finden. Unter den erwachsenen Flundern sind sie wohl selten, weil sie wahrscheinlich ein höheres Lebensalter nicht erreichen, denn sie sind ja für das Leben und Eingraben in den Sand schlecht eingerichtet.«

Es wäre vielleicht auch möglich, Doppelfische in sehr großen **Haltungen** mit Seewasser zu erziehen. Man müßte aber jedenfalls auf dem festen Boden ähnliche Stützvorrichtungen anbringen, wie sie für Velozipede benutzt werden. Diese Vorrichtungen müßte man aber torartig gestalten, damit sie zugleich auch den Auftrieb verhüten; denn die Oberflächenformen werden durch ihre Schwimmblasen an der Oberfläche erhalten. Um am Grunde zu bleiben und sich zu Bodenformen umzuwandeln, belasten sie sich mit Sand. Ich habe durch Versuche mit Karauschen festgestellt, daß sie in großen Badewannen derartige Stützen immer wieder aufsuchen, wenn man sie von ihnen vertreibt. Es ist wohl anzunehmen, daß unter den Flundern »Doppelfische« häufiger sind, als unter andern Schollen, denn bei ihnen ist ja überhaupt die Augenstellung unbeständig. 25 % von ihnen tragen beide Augen auf der linken, 75 % auf der rechten Seite. Ihre Augen sind oft »unvollständig gewandert«, ihre augenlose Seite mehr oder weniger gefärbt, auch zeigen nach den zahlreichen Messungen von Dunker(5) die Flundern eine Annäherung zur symmetrischen Form, indem die Körperhöhe niedriger und der Unterschied zwischen gewissen paarigen Organen geringer ist. Alle diese Zeichen der Rückbildung scheinen mir darauf hinzudeuten, daß die Flundern dazu neigen aufrecht zu schwimmen und die Eigen-

tümlichkeiten der Seitenschwimmer zu verlieren. So schrieb ich schon im Jahre 1901 (Vorfahren der Schollen S. 323). Es behaupten aber Parker (13) und Mayhoff (11), ich hätte im Gegenteil gesagt, die Flundern seien ursprüngliche Formen. Sie stützen sich hierbei auf einen Selbstbericht meiner Abhandlung »Die Vorfahren der Schollen«. Der Bericht erschien im Zool. Anzeiger am 21. April 1902. Hier habe ich mich aber gar nicht über die Abstammung der Flunder geäußert. Ich sagte nur an einer Stelle (S. 306): »Da 25 % von ihnen die Augen auf der linken Seite tragen, 75 % auf der rechten, so muß es auch unter ihnen welche geben, die bald rechts, bald links schwimmen und auch aufrecht.« Diese Annahme ist ganz richtig. Das beweisen die Doppelfische. Diese Annahme sagt aber doch nicht, daß ich die Flundern als »ursprüngliche Formen« deute.

Ich bedauere lebhaft, daß ich nicht eine größere Anzahl erwachsener symmetrischer Schollen untersuchen konnte. Denn sie zeigen die Verhältnisse, wie sie bei allen Schollen einmal vor der Augenwanderung bestanden, in vergrößertem Maßstabe. Untersuchungen so großer Fische sind sehr bequem und auch ganz besonders zuverlässig. Sie zeigen auch, daß bei ihnen die eigentümliche Augenstellung der Schollen sich nicht vererbt hat. Übrigens zeigen das auch alle jungen Schollen vor dem Beginn der Augenwanderung. Im sogenannten »Larvenzustande« ist ihr Schädel zunächst symmetrisch. Erst bei beginnender Verknöcherung entstehen leichte Asymmetrien. Die eigentliche Augenwanderung erfolgt aber erst bei den »Bodenformen«. Dieses wurde auch durch Untersuchungen von Mayhoff (1914) festgestellt. Er schreibt: »Das Primordialcranium von *Pleuronectes* vor der Augenwanderung entfernt sich wenig von dem für andre Teleostier mehr oder weniger bekannten Entwicklungsgang (S. 392). An den Taeniae supraorbitales prägt sich von Anfang an ein leichter Grad von Asymmetrie aus — die linke (blindseitige) ist schwächer entwickelt als die rechte; jene hat an der schwächsten Stelle 3—4, diese 7—8 Knorpelzellen im Querschnitt —, und noch ehe äußerlich der Beginn der Augenwanderung sichtbar ist, findet an der linken Taenia supraorbitalis eine Reduction statt (S. 393).«

Gewiß erscheint uns dieser leichte Grad von Asymmetrien als sehr unbedeutend. Ich selbst konnte auch auf Serienschnitten nur sehr geringe Ungleichheiten zwischen rechts und links an den Gesichtsknochen nachweisen. Trotzdem haben auch diese geringen Ungleichheiten bei so frühen Jugendformen eine große Bedeutung. Sie beweisen, es ist den Schollen die Neigung angeboren, ihr eines Auge auf die andre Seite des Kopfes zu verschieben. Bei andern Fischarten

die einen ebenso flachen und breiten Körper wie die Schollen haben, würde jedenfalls keine Verschiebung eintreten, wenn man sie in die Lebensverhältnisse der »Bodenformen« versetzen wollte. Sie würden wohl zum größten Teil eingehen oder ihre Augen verlieren. Der *Zeus* z. B. hat einen ähnlich geformten Körper wie die Schollen. Er führt auch vorübergehend, oft ein ähnliches Leben auf dem Sandboden wie sie, aber er verträgt es offenbar nicht auf die Dauer, weil er dort keine ausreichende Stützung für seinen flachen und breiten Körper findet. Er wandert auf dem Sandboden nur, weil er dort kleine Fische in großen Mengen findet und den rauhen Boden bevorzugt. Infolgedessen ist er ein »großer Wanderer« (Day). Auch einige Schollen sind vollständige Hochseefische. So lebt z. B. an den steilen Felsufern der Murmanküste eine Art des Heilbutt. Hier hat er nicht die Möglichkeit, sich in den Sand zu vergraben. Bei ihm wandert daher das eine Auge unvollständig. Es steht bei Erwachsenen auf der Stirn (Cyclophenform). Ich konnte das an fünf riesenhaften Fischen in der Sammlung des Herrn Knipowitsch feststellen. Beide Seiten des Fisches sind gleich dunkel gefärbt. Sie wurden auf der Expedition des Herrn Knipowitsch mit Langleinen in einer Tiefe von 100—120 Faden gefangen, sind also Hochseefische.

Auch an unsern Flundern findet man oft die Augen unvollständig gewandert. Bei ihnen wird aber wohl die Verschiebung der Augen mehr durch innere Ursachen aufgehalten, weniger durch äußere. Sie leben ja nicht an steilen Felsufern, wie die Heilbutten der Murmanküste, sondern an flachen Ufern. Die inneren Ursachen sind wohl Mopskopfbildungen oder andre Vorgänge, welche die Gesichtsknochen unnachgiebig machen und so die Verbiegung der Zwischenwand beider Augen erschweren. Das Wanderauge bleibt dann sozusagen auf halbem Wege stehen, mitten auf der Stirn. Es ist dann beim Eingraben in den Sand ein »sehr wunder Punkt«. Denn es gehen ja auch bei der Augenwanderung viele Augen verloren, ja es gibt sogar unter den Seezungen blinde Arten (*Soleotalpa*, *Apionichthys*, Günther, Ichthologie). Es ist auch die Sterblichkeit während der Augenwanderung groß (Dunker, Williams). Daher ist wohl anzunehmen, daß viele »Cyclophenformen« den Sandboden meiden, die Oberfläche des tieferen Wassers aufsuchen und hier aufrecht schwimmen wie die »Doppelfische« nach Day (S. 134).

Aus all diesem ersehen wir wohl, daß die Schollen in hohem Grade die Fähigkeit besitzen, ihre Augen veränderten Verhältnissen anzupassen. Wir sehen auch, wie sie ihren Augen neue Eigenschaften erwerben und vererben. Ja, wir sehen sogar, welche neuerworbenen Eigenschaften sie vererben und welche sie nicht vererben.

Vererbt wird die einseitige Augenstellung, da die Schollen gezwungen sind, ihr ganzes Leben hindurch auf einer Seite im Sande zu liegen. Hierbei ist es durchaus notwendig, daß sich beide Augen auf der oberen Seite des Kopfes befinden. Wäre es nicht der Fall, so würde unbedingt das untere im Sande erblinden. Durch dieses Liegen auf einer Seite werden der Kopf und die Augen während des ganzen Lebens zur einseitigen Augenstellung noch weiter ausgebildet. Infolgedessen vererbt sich auch die Neigung zur einseitigen Augenstellung.

Nicht vererbt wird die Degeneration des äußeren Augenmuskels. Sie entsteht nur als Nebenwirkung, wenn die Augenwanderung vor sich geht. Der Muskel degeneriert, weil sein Nerv durch Verengerungen seines Knochenganges einen Druck erleidet. Die Degeneration wird nicht durch den Gebrauch der Augen weiter ausgebildet. Im Gegenteil, sie wird bekämpft; den der Gebrauch der Augen kräftigt den Muskel. Infolgedessen wird auch die Neigung zur Degeneration nicht vererbt. Es handelt sich also um einen krankhaften Zustand des Muskels, der an die krankhaften Augen der Teleskopfische erinnert. Auch ihre Glotzaugen vererben sich nicht, wenn man die Fische von ihrem Gefängnisleben befreit und sie in günstige Lebensverhältnisse versetzt. (Vgl. Tornier, Vorläufig. über d. Entst. d. Goldfischrassen, Sitzber. d. Ges. Natforsch. Freunde Berlin 1908. Nr. 2—3.)

#### Zusammenfassung.

1) Den Schollen ist ihre eigentümliche Augenstellung nicht angeboren (Fig. 1 und 2). Bei jungen Schollen, die dem Ei entschlüpft sind, stehen beide Augen noch nicht auf einer Seite, wie bei Erwachsenen. Sie tragen vielmehr wochenlang an jeder Seite des Kopfes ein Auge, wie allen übrigen Fischarten.

2) Während dieser Zeit schwimmen sie auch nicht auf der Seite, sondern aufrecht an der Oberfläche des offenen Meeres. Erst wenn sie etwa 10—15 mm lang sind, wandern diese »Oberflächenformen« zum Strande, lassen sich dort bleibend auf den Sandboden nieder und wandeln sich in »Bodenformen« um (S. 121).

3) Sie legen sich dann auf eine Seite, wie ein Kielboot, das aufgerannt ist, und vergraben sich im Sand, um am Grunde zu bleiben, da ihre Schwimmblasen sie nach oben treiben! Beim Liegen auf einer Seite im Sande wird das Auge der unteren Seite fortwährend gegen den Sand gedrückt und gerieben, da es kein Augenlid hat (S. 122). Hierdurch verlieren viele Schollen das untere Auge und gehen auch ein (Dunker, Williams). Hierdurch entstehen wohl auch die blinden Schollenarten (*Soleotalpa*, *Apionichthys* usw.).

4) Der Sand erzeugt einen starken »Augenreiz«. Die Augenmuskeln ziehen sich infogedessen krampfartig zusammen, wie bei einem Fremdkörper, der ins Auge gerät. Die Pupille flieht nach oben, wie die Augenärzte sagen. Das Auge wird von seinen Muskeln auf das Keilbein erhoben und gelangt schließlich auf der andren Seite des Kopfes in Sicherheit.

5) Die unteren Augenmuskeln erheben das Auge auf das Keilbein (Fig. 3, 4, 5). Die oberen rollen es um das Keilbein herum auf die andre Seite des Kopfes. Hierbei wird die Wand über dem Keilbein durch den Druck des Augapfels nach dem Parallelogramm der Kräfte eingedrückt (S. 125). Infolge des Druckes werden auch die Stirnbeine so stark resorbiert, daß nur eine schmale Leiste von ihnen übrig bleibt (Pfeffer, Williams). Vgl. Fig. 6, 7, 8.

6) Das Eindrücken der Stirnbeine wird dadurch ermöglicht, daß sie während der Augenwanderung noch sehr weich und biegsam sind. Das Auge hingegen ist starr. Es wird von einer derben, festen Hülle umschlossen und ist prall mit einer Flüssigkeit gefüllt (S. 127).

7) Derartige Verbiegungen von weichen Knochen durch prall gefüllte elastische Hüllen sind im Tierreiche sehr häufig. Man sieht sie besonders deutlich am Träger der Afterflosse bei den Schollen (Fig. 1 u. 2), Stachelmakrelen, Knochen der Kugelfische usw. (S. 127).

8) Die Zugrichtungen der Augenmuskeln vor der Augenwanderung wurden von mir durch Präparate festgestellt, die ich unter der Lupe herstellte an der Steinbutte, Kliesche, Flunder. Diese Präparate werden in Glycerin eingeschlossen in meiner Sammlung aufbewahrt (Fig. 3).

Die Zugwirkungen der Augenmuskeln stellte ich experimentell durch Modelle fest. Sie zeigen handgreiflich, wie das »Wanderauge« auf das Keilbein erhoben und auf die andre Seite des Kopfes befördert wird, sie zeigen auch, daß die Augenmuskeln nach dem Parallelogramm der Kräfte einen Druck hervorrufen, der die Stirnbeine halbkreisförmig verbiegt (Fig. 6, 7, 8).

9) Die Verschiebung des sogenannten »Wanderauges« ist ein »rapider Prozeß«. Das erhobene Auge bleibt auch nicht sofort in erhobener Stellung. Es gleitet mehrmals herab und, erst in 3 Tagen wird die Stellung des Auges und das aufrechte Schwimmen wie bei Erwachsenen (Williams).

10) Das Wanderauge verbleibt erst in seiner erhobenen Stellung, wenn die Lücke, welche hinter dem vorgerückten Auge entsteht, durch nachgerücktes Gewebe vollständig ausgefüllt ist. Das Auge wird also durch die Zugkräfte der Augenmuskeln erhoben, durch die Stützkkräfte des nachrückenden Gewebes weitgeschoben und schließlich in der erhobenen Stellung erhalten (Fig. 7 u. 8).

11) Das nachgedrückte Gewebe verknöchert zu der sogenannten »Schutzwehr« des Auges oder »Knochenbrücke«.

12) Der äußere Augenmuskel (*M. rectus externus*) beider Augen ist bei allen von mir untersuchten Schollenarten bedeutend schwächer entwickelt als die andern Augenmuskeln (Fig. 11 u. 12). (Vgl. auch Cunningham, Harman.)

13) Die Degeneration dieses Muskels entsteht durch Verengerungen des Knochenganges, in dem der Nerv des Muskels verläuft. Die Verengerungen werden hervorgerufen durch Verschiebungen der Knochenteile während der Augenwanderung (Fig. 7 u. 8). Die Degeneration des Muskels ist also eine »partielle Kompressionsdegeneration« wie sie z. B. am Gesichtsnerv des Menschen sehr oft vorkommt.

Die Degeneration ist ein krankhafter Vorgang, der als Nebenwirkung der Augenwanderung eintritt. Sie wird nicht vererbt.

14) Die Neigung zur einseitigen Augenstellung ist den Schollen angeboren, sie könnten sonst einen so schweren Eingriff wie die Augenwanderung nicht überstehen.

Seine ganze Schwere zeigt sich besonders deutlich in der großen Sterblichkeit während der Augenwanderung (Agassiz, Dunker, Williams).

15) Trotz der angeborenen Neigung zur einseitigen Augenstellung, sieht man aber doch sehr häufig Schollen mit unvollständig gewanderten Augen und auch bisweilen solche, deren Augen ebenso stehen wie bei andern Fischarten (S. 133, Fig. 9). Daher ist es wichtig, durch Zuchtversuche in großen Haltungen mit festen Boden festzustellen, wie die Augenwanderung verläuft, wenn Oberflächenformen nicht die Möglichkeit haben sich mit Sand zu belasten und so zu Bodenformen umzuwandeln. Auf dem festem Boden müßte man aber Stützvorrichtungen anbringen, die zugleich auch den Auftrieb verhindern (S. 134). Ich habe durch Versuche mit Karauschen festgestellt, daß diese in großen Badewannen derartige Stützvorrichtungen immer wieder aufsuchen, wenn man sie von ihnen vertreibt.

---

Zum Schluß sage ich meinen herzlichsten Dank allen, die mich bei der vorliegenden Arbeit unterstützten. In Riga lebend, hatte ich große Schwierigkeiten, das Material zu meinen Untersuchungen aufzutreiben. Nur durch die lebenswürdige und uneigennützig Unterstützung anderer Forscher gelangte ich allmählich zu diesem Material.

Die Jugendformen der Schollen verdanke ich hauptsächlich der Biologischen Anstalt in Helgoland, aber auch die Zoolog. Station in Triest und die Dänische Biologische Station in Nyborg sandten mir einige sehr wertvolle Stücke.

Prof. Braun in Königsberg und Herr Knipowitsch in Petrograd gestatteten mir die Zergliederung höchst seltener Fische.

Dr. Pappenheim in Berlin und Akademiker Salemann in Petersburg versorgten mich reichlich mit Literatur, obgleich das oft recht zeitraubend für sie war. Allen sage ich nochmals meinen herzlichsten Dank.

### Technisches.

In Riga erhielt ich erwachsene Flundern und Steinbutten reichlich, Jugendformen hingegen gar nicht. Die jüngsten waren 3 cm lang. Sie wurden in Strömlingsnetzen gefangen und kommen nicht auf den Markt.

Ich untersuchte hauptsächlich Jugendformen aus Helgoland und Triest, die in Alkohol aufbewahrt wurden.

Sehr gut eigneten sich für Zergliederungen unter der Lupe Fischchen, die von vornherein in 50% igem Alkohol aufbewahrt wurden. Stärkerer Alkohol macht sie zu hart. Dasselbe gilt von Formalinlösung 4—5% iger. Die alte Vorschrift von Blum, 1,5% ige liefert allerdings sehr brauchbare Fischchen, aber man muß die Lösung oft erneuern. Harte Fischchen kann man allerdings in Wasser oder 1 Glycerin, 1 Wasser ein wenig erweichen, aber oft zersetzen sie sich sehr bald.

Wichtig ist es, in ein Gläschen von etwa 25 ccm nur gegen 10—20 Stück zu legen. Für die Untersuchung besonders zarter Organe (Schwimmbblasen u. dgl.) eignen sich aber am meisten ganz frisch gefangene lebende Fischchen, die noch durchsichtig sind.

Nur an solchen durchsichtigen Fischchen gelang es mir, die Entwicklung der Schwimmbblasen bei den Karpfen zu erforschen (27). An Alkoholpräparaten wäre es mir wohl ebensowenig gelungen wie C. E. v. Baer (1), der diese Untersuchungen nicht abschließen konnte.

Für die Zergliederung unter der Lupe ist es unbedingt notwendig, daß man die Fischchen in den verschiedensten Lagen feststellen kann. Hierzu klemme ich sie zwischen die Backen einer Reißfeder, die an einem Ständer drehbar befestigt ist (vgl. Anat. Anz. 1898). Leider ist es mir bisher nicht gelungen, einen Optiker zu veranlassen derartige kleine »Schraubstöcke« herzustellen, um auch andern Forschern meine Art zu untersuchen zugänglich zu machen. Ich könnte ohne diese »Schraubstöcke« nicht arbeiten. Ich zergliederte meistens auf schwarzem oder weißem Grunde und beleuchte von oben her mit einer Sammellinse, nach Art der »schiefen Beleuchtung«, die ja den Augenärzten unentbehrlich ist. Die Augenmuskeln in Fig. 3 konnte ich auch ohne Sammellinse im Sonnenlicht deutlich mit der Fernrohrlupe

von Zeiß sehen. Die Beleuchtung mit elektrischem Licht benutze ich sehr ungern beim Arbeiten mit der Lupe obgleich ich das Beste auf diesem Gebiet besitze.

Die Muskeln in Fig. 3 wurden folgendermaßen dargestellt:

Das Fischchen lag auf dem Rücken, zwischen die Backen der Reißfeder geklemmt. Mit einer feinen Schere schnitt ich die Kiemendeckel und Unterkiefer fort. Die Gesichtsknochen entfernte ich mit einer Insektenpinzette und einer Starnadel bis auf das Keilbein. Wenn ich jetzt ein Auge mit einer Nadel ein wenig beiseite schob, so wurden die Augenmuskeln sofort sichtbar. Besonders deutlich treten sie hervor, wenn ich sie mit einem feinen Retuschepinsel unter der Lupe mit Eosin betupfte und hierauf einige Minuten in Wasser liegen ließ. Beim Zergliedern benutzte ich die unoculare Fernrohrlupe von Zeiß IV 201 mit Objektivvorsatzlinse + 12 oder + 19. Aufbewahrt werden die Präparate in Glycerin eingeschlossen, auf Objektträgern, in die eine Vertiefung eingeschliffen ist.

Derartige Objektträger werden auf Bestellung angefertigt in den kleinen Glasschleifereien mit Handbetrieb. Man kann sie in jeder beliebigen Dicke, Form und Größe haben. Ich führe das hier an, weil ich aus Erfahrung weiß, daß sie im Handel nur in geringer Auswahl vorhanden sind, namentlich fehlen Objektträger mit rinnenförmigen oder ovalen Vertiefungen, meistens sind auch die Vertiefungen viel zu flach für umfangreichere Präparate. Als Deckglaskitt benutze ich eine Lösung von Gummielastikum in Chloroform nach Schneider oder den Deckglaskitt von J. Klönne und G. Müller. Man kann auch einfaches Brauerpech benutzen, das man mit einem erwärmten Spatel aufträgt.

#### Literatur.

- 1) v. Baer, C. E., Untersuchungen über d. Entwickl. d. Fische. Leipzig 1835. Fr. Chr. Vogel.
- 1a) Boulenger, G. A., Übersicht d. Unterord. und Fam. d. Teleost. (Teleostean Fishes), übers. v. Hilgendorf aus Annals and Magaz. of Nat. Hist. (7 Ser.) XIII. Nr. 75. S. 161—190. Sonderabdr. aus Arch. f. Naturgesch. Jahrg. 1904. Bd. 1. Hft. 2.

Auf Grund meiner Arbeiten stellt Boulenger die Schollen zu den Zeiden und bildet die Abteil. Zeorhombi.

- 2) Cunningham, J. T. A., Treatise on the Common Sole. Plymouth, 1890.
- 3) Cunningham, J. T., The Natural History of the marketable marine fishes of the British-Island. London, 1896. Viele Angaben über die Lebensweise von *Zeus faber*. Angabe, daß über Larven und Eier von *Zeus* nichts bekannt.
- 4) Day, The Fishes of Great Brit. and Ireland.
- 5) Dunker, Georg, Variat. u. Verwandtsch. v. *Pleur. fles.* u. *Pleur. plat.* Wissenschaftl. Meeresuntersuch. d. Kommiss. z. Kiel. Neue Folge. Bd. I. Hft. 2.
- 6) — Variat. u. Asym. bei *Pleur. fles.* L. Wissenschaftl. Meeresuntersuch. Neue Folge. Bd. III. Abt. Helgoland. Hft. 2. 1900. S. 235.

- 7) Ehrenbaum, E., Eier u. Larven v. Fischen d. deutsch. Bucht. Wissenschaftl. Meeresuntersuch. d. Kommiss. usw. Neue Folge. Bd. II. Hft. 1. Abt. 1. Vortreffliche Abbildungen u. Beschreibungen von Eiern, Larven u. Jugendformen vieler Schollen.
- 8) Harman-Bishop, N., The Palpebral and Oculomotor Appar. in Fishes. Journ. of Anatomy and Physiology, Vol. XXXIV. N. S. Vol. XIV. 1899.
- 9) Heineke, Fr. und Henking, H., Über Schollen u. Schollenfischerei in der südöstlichen Nordsee. Berlin 1907. Otto Salle.
- 10) Mayhoff, H., Über d. »monomorphe« Chiasma optic. d. Pleuronectiden. Zool. Anz. Nr. 2. 16. Jan. 1912.
- 11) — Zur Ontogenese d. Kopfes d. Plattfische. Zool. Anz. Nr. 9. 3. Febr. 1914.
- 12) Müller, Joh., Über den Bau und die Grenzen der Ganoiden u. über das natürliche System der Fische. Berlin 1846. Druckerei der Königl. Akad. d. Wiss.
- 13) Parker, G. H., The optic. chias. in teleost and its Bearing on the asymmetry of the heterosomata (flat fishes) Cambridge. Mass., U. S. A. January 1903.
- 14) Pfeffer, Georg, Über d. Schiefheit der Pleuronectiden. Referat über einen Vortrag, gehalt. im Naturwissenschaftl. Verein zu Hamburg. Vorläuf. Mitteil. Abhandl. aus d. Gebiete d. Naturwissenschaft Bd. IX. Hft. 1.
- 15) Sacchi, Maria, Sulle minute differenze fra gli organi omotipici dei Pleuronectidi. Estratto degli Atti della Società ligust. di Scienze natur. Anno III. Vol. III. Genova, Tipograf. di Angelo Ciminago 1897.
- 16) Smitt, F. A., Stockholm. Skandin. Fishes. Stockholm, Norstedt. Berlin, Friedländer. Sehr genaue Mitteilungen über die Lebensweise von *Zeus faber*. Schöne Abbildungen.
- 17) Steenstrup, Japetus, Fortsatte Bidrag til en rigtig opfattelse of viestilinger hos Flyndrene. Oversigt over det Kongelige Danske Videnskabernes Selskabs Forhandling, og dets Medlemers Arbejder i aret 1876. Kjøbenhavn, Bianco Lunos, 1876—1878.
- 18) Thilo, Otto, Die Umbildungen an den Gliedmaßen der Fische. Morphol. Jahrb. 1896.
- 19) — Die Entsteh. d. Luftsäcke bei d. Kugelfischen. Anat. Anz. 1899. Bd. XVI. Nr. 3 u. 4.
- 20) — Die Vorfahren der Kugelfische. Biol. Centralbl. 19114.
- 21) — Die Vorfahren der Schollen. Bulletin de l'Académie Impériale des Sciences de St. Pétersburg. Mars 1901.
- 22) — Das Anknern der Fische. Korrespondenzblatt des Rigaer Naturforschervereins 1900.
- 23) — Die Vorfahren der Schollen. Selbstbericht. Biol. Centralbl. 1902. 15. Nov.
- 24) — Die Eingeweidebrüche der Schollen. Berlin, Urban u. Schwarzenberg. 1909. Med.-nat. Arch. S. 498—502. Mit 5 Figuren.
- 25) — Die Umbild. am Knochenger. d. Schollen. Zool. Anz. S. 306. 1902. 21. April.
- 26) — Das Präparieren mit Feilen. Anat. Anz. Bd. 14. 1898.
- 27) — Die Entwicklung der Schwimmblase bei den Karpfen. Zool. Anz. 1908. 23. Febr.
- 28) Tornier, Gust., Vorläufig. über d. Entsteh. d. Goldfischrassen. Sitzber. d. Ges. Naturforsch. Freunde in Berlin 1908. Nr. 2 u. 3.
- 29) Williams, Stephen, Changes accompanying the Migrat. of the eye etc. Bulletin of the Mus. of Comp. Zool. at Harvard College. Vol. XL. No. 1. Cambridge, Mass., U. S. A. 1902.
- 30) Zander, Enoch, Das Kiemenfilter der Teleost. Zeitschr. f. wissensch. Zool. 1906. Nr. 4.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Zoologischer Anzeiger](#)

Jahr/Year: 1920

Band/Volume: [51](#)

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

Artikel/Article: [Die Entstehung der Augenstellung bei den Schollen, 119-142](#)