Mangold, E., Sinnesphysiologische Studien an Echinodermen. Ihre Reaktionen auf Licht und Schatten und die negative Geotaxis bei *Asterina*. In: Ztschr. allg. Physiol., 9. Bd., 1909.

— Gehörsinn und statischer Sinn. In: H. Winterstein's Handbuch d. vergl. Physiol., 4. Bd., Jena 1912.

Pütter, A., Vergleichende Physiologie. Jena 1911.

Reichel, L., Über die Bildung des Byssus der Lamellibranchiaten. In: Zool. Beitr. (A. Schneider), 2. Bd., 1890 (auch Diss. Breslau 1888).

— Über das Byssusorgan der Lamellibranchiaten. In: Zool. Anz., 10. Bd., 1887.

Schmidt, W., Untersuchungen über die Statocysten unserer einheimischen Schnecken (Diss.). In: Jenaische Ztschr., 48. Bd., 1912.

Seydel, E., Untersuchungen über den Byssusapparat der Lamellibranchiaten. In: Zool. Jahrb. Abt. Anat., 27. Bd., 1909.

Simroth, H., *Mollusca*. In: Bronn, Klassen und Ordnungen des Tierreichs. 3. Bd., 1892—1913.

Tschachotin, S., Die Statocyste der Heteropoden (Diss.). In: Ztschr. wiss. Zool., 90. Bd., 1908.

Wallengren, H., Zur Biologie der Muscheln. 1. Die Wasserströmungen. — 2. Die Nahrungsaufnahme. In: K. Fysiogr. Sällsk. Handl. Lund, 16. Bd., 1905.

Walter, H. E., The behaviour of the Pond-Snail *Limnaeus elodes* Say. In: Cold Spring Harbor Monogr. Brooklin Nr. 6, 1906 (Ref. Zool. Jahresber. Neapel, 1906).

Weltner, W., Zur Entwickelung von *Dreissensia*. In: Zool. Anz., 14. Bd., 1891.

Berichtigungen.

S. 372 Zl. 15 v. u. ist zu lesen sogenannter statt sogenannten.
„ 373 ist die Fig. 1 durch nebenstehende Fig. 1 zu ersetzen.
„ 374 1. Zl. ist negativ-geotaktischem statt negatiiv-geotaktischen zu lesen.
„ 375 muss Fig. 2 folgende Erklärung erhalten: Fig. 2. *Arion empiricorum* Fér. und *Limax agrestis* L fliehen negativ-geotaktisch aus dem Wasser. (Bei Tageslicht aufgenommen.)

Fig. 1. Zwei *Arion empiricorum* (Fér.) im Begriffe der Selbstwendung. (Im Dunkeln aufgenommen.)

„ 376 sind unter die Figuren folgende Erklärungen zu setzen: Fig. 3a. *Limax agrestis* L. „übergeht" einen Winkel. — Fig. 3b. *Limax agrestis* L. kriecht den Winkel voll aus. — Fig. 4. Erklärung vergl. Text!
„ 381 Zl. 21 v. o. lies: Kriechtiere statt Kriechtiere.
„ 381 „ 16 v. u. lies: Lokomotion an der statt Lokomotion zu der.
„ 382 ist unter Fig. 5 zu setzen: Fig. 5. Erklärung vergl. Text!
„ 383 Zl. 19 v. u. kommt hinter Muskelsinn ein Komma zu stehen.
„ 385 „ 19 v. o. fällt das Wort irgendwie fort.

Die Vorfahren der Kugelfische.

Von Dr. med. Otto Thilo in Riga.

Ich habe schon vor Jahren nachgewiesen, dass bei einigen nahen Verwandten der Kugelfische die Anfänge eines Luftsackes bemerkbar sind (10). Diese Anfänge bestehen in einer dauernden

Vergrößerung des ganzen Magensackes, die bei einigen Fischen sehr hochgradig wird. Fig. 1—6. Schon damals wies ich darauf hin, dass bei den Vorfahren der Kugelfische die Luftsäcke wahrscheinlich aus ähnlichen Anfängen entstanden sind. Allein es gelang mir nicht, dieses genauer nachzuweisen. Es fehlten mir hierzu die erforderlichen Übergangsformen. Im Laufe der Jahre wurden sie gefunden, teils von mir, teils von Nils Rosén (13). Dieser Forscher hat auch sonst meine Arbeiten wesentlich gefördert. Er hat sie in ihren Hauptpunkten bestätigt und durch wertvolle, eigene z. T. histologische Forschungen ergänzt. Daher kann ich dann jetzt einige Vermutungen zu Tatsachen erheben. Es ist mir aber außerdem auch gelungen, neue Untersuchungen an einigen Kugelfischen zu machen, deren Luftsack bedeutend zurückgebildet ist.

Somit kann ich denn jetzt nachweisen, dass bei einigen Haftkiefern durch besondere Lebensverhältnisse ein Luftsack entsteht, dass aber dieser Luftsack wieder vergeht, wenn die Lebensverhältnisse sich ändern.

Gewiss gibt es nicht viele Tierarten, bei denen das Entstehen und Vergehen eines Organes durch Anpassung so deutlich hervortritt!

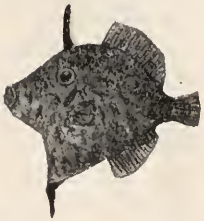
Als ich vor vielen Jahren die Sperrvorrichtungen des Einhornes erforschte, suchte ich unter seinen Verwandten nach Übergangsformen. Zu diesem Zwecke studierte ich eingehender die schönen Abbildungen von Cuvier et Valenciennes, Bleeker, Hollard (8) und anderen. Diese Meisterwerke sind so vorzüglich zusammengestellt, dass ich bald das Gesuchte fand. Zugleich wurde ich aber auch durch diese Meisterwerke auf eine andere Tatsache aufmerksam gemacht, die — wie mir scheint — ihren Verfassern entgangen war. Es fiel mir nämlich auf, wenn ich eine größere Reihe von Abbildungen überblickte, dass schon die äußere Form einiger Arten des Einhornes an die Kugelform der Kugelfische erinnerte. Meine Figuren 1—6 geben eine Auswahl dieser Formen. Vergleicht man die Figuren miteinander, so bemerkt man bei *Triacanthus* (Fig. 1) noch keine Spur von einem Bauchsacke. Fig. 2 u. 3 zeigen „kleine Anfänge". Fig. 4 u. 5 erinnern schon lebhaft an den Kugelfisch *Diodon* (Fig. 6).

Eröffnet man die Bauchhöhlen dieser Fische, so findet man bei *Triacanthus* (Fig. 1) noch keine Erweiterung des Magens (Fig. 8). Hingegen ist sie schon sehr bemerkbar bei *Monacanthus setifer* (Fig. 9). Allerdings tritt sie meist bei der Eröffnung nicht sofort deutlich hervor. Lässt man jedoch Wasser aus geringer Höhe einströmen und überfließen, so nimmt der Magen bald dieselbe Form wie in Fig. 9 an. Ich weiß nicht, ob Nils Rosén diesen Kunstgriff bei seinen Untersuchungen angewandt hat. Vielleicht hätte er dann

bei *Monacanthus occidentalis* und *Balistes retula* ähnlich erweiterte Magen gefunden. Es ist aber auch möglich, dass bei diesen Ba-

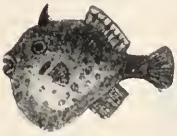
Triacanthus brevirostris
Fig. 1.

Monacanthus granulosus
Fig. 2.



Monac. pennicilegerus
Fig. 3.

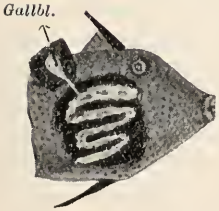
Monacanthus setifer
Fig. 4.



Monacanthus trossulus
Fig. 5.

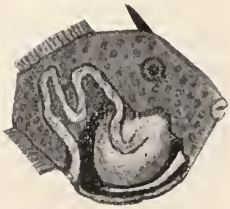
Diodon hystrix
Fig. 6.

Tetrodon scleratus
(vollständig aufgeblasen)
Fig. 7.



Triacanthus brevirost.
(vgl. Fig. 1). Magen schlauchförmig.
Fig. 8.

Monacanthus setifer
(vgl. Fig. 4). Magen bedeutend erweitert. Sein Grund dehnt sich nach unten aus. Der Darm wird vom Gekröse oben, rechts vom Magen festgehalten. Fig. 9.



Monacanthus trossulus.
Magen kugelförmig aufgetrieben. Pförtner und Darm vom Gekröse oben, rechts vom Magen festgehalten. Fig. 10.

listiden noch keine Erweiterung eingetreten ist. Bedeutend größer ist die Magenerweiterung allerdings bei *Monacanthus trossulus* (Fig. 10). Ich fand nach Eröffnung der Bauchhöhle genau so einen kugel-

runden Magen wie ihn Fig. 10 zeigt. Der Magen war wie vollgepfropft mit Resten von Nahrungsmitteln, die ich leider nicht mehr genauer bestimmen konnte. Es handelte sich hier nicht um eine vorübergehende Magenerweiterung infolge von Überfüllung, denn die hochgradige Erweiterung erhielt sich, als ich die Nahrungsmittel entfernte. Außerdem hatte ich das Glück, von dieser überaus seltenen Fischart noch drei andere Stücke zu untersuchen. Alle drei zeigten ebenso erweiterte Magen, wie sie Fig. 10 darstellt, aber bei ihnen waren die Eingeweide schlecht erhalten. Ich konnte daher bei ihnen die Lage der Eingeweide nicht mehr genauer feststellen. Desto besser gelang es mir neuerdings bei dem in Fig. 10 abgebildeten Fische. Seine Eingeweide waren vortrefflich erhalten. Der Darm lag zusammengeballt auf der rechten Seite des Magens und hatte genau die Länge, wie sie Fig. 10 angibt. Der Pförtner lag gleichfalls rechts unweit der Speiseröhre.

Diodon hystrix (vgl. Fig. 6) Magen hochgradig erweitert. Bauchwandungen zu einem weiten Sacke ausgedehnt. Darm und Pförtner nach hinten verdrängt. Fig. 11.

Tetrodon cutcutia. Luftsack vom Magen abgeschnürt. Luftsack kleiner als bei *Diodon hystrix.* Fig. 12.

Wie ist nun diese eigentümliche Lage des Pförtners zustande gekommen? Vergleichen wir Fig. 9 mit Fig. 10, so bemerken wir, dass in Fig. 10 der Magengrund bedeutend herabgesunken ist, offenbar durch gesteigerte Aufblähung und Anhäufung von Nahrungsmitteln. Der Pförtner jedoch und das folgende Darmstück blieben rechts oben an der Wirbelsäule; denn sie sind ja an ihr durch das Gekröse befestigt. Vgl. Fig. 9. Das Gekröse ist dort angedeutet. Der Magen von *Monacanthus trossulus* erinnert jedenfalls schon sehr an den Magen von *Diodon* (Fig. 11). Wesentlich anders ist allerdings bei *Diodon* die Lage des Pförtners. Offenbar ist die Bauchhöhle bei *Diodon* bedeutend geräumiger geworden als bei *Monacanthus trossulus.* Infolgedessen konnten sich alle Eingeweide bequemer ausbreiten. Der Luftsack nahm den vorderen Teil der Bauchhöhle ein und verdrängte den Darm nach hinten. Der Pförtner wurde vom Darm gleichfalls nach hinten gezogen und so aus einer sehr ungünstigen Lage befreit.

Besonders auffallend ist bei *Diodon* die Länge des Darmes und seine eigentümliche Schlängelung. Bei *Tetrodon* (Fig. 12) findet

man eine ähnliche Schlängelung und gleichfalls einen sehr langen Darm. Es hat sich also allmählich aus der Schlängelung von *Triacanthus* (Fig. 8) die Schlängelung von *Tetrodon* entwickelt, offenbar durch die Erweiterung der Bauchhöhle und durch die Verlängerung des Darmes.

Bei *Monacanthus setifer*, *trossulus* und auch bei *Triodon* füllen die Eingeweide nur den oberen Teil der sehr erweiterten Bauchhöhle aus. Ihr unterer Teil ist leer. (Vgl. hierüber auch Günther (7) und Nils Rosén (13).

Erst durch fortgesetzte gesteigerte Luftaufnahme wurde der Magen so sehr ausgedehnt, dass er bei *Diodon* und *Tetrodon* die ganze Bauchhöhle ausfüllt, ja sogar sie noch hochgradig erweitert. Bei flüchtiger Betrachtung sieht der Luftsack von *Tetrodon* ziemlich ebenso aus, wie der Luftsack von *Diodon*. Trotzdem sind sie wesentlich voneinander verschieden. Besonders der Zusammenhang des Luftsackes mit dem Magen ist bei *Tetrodon* wesentlich anders als bei *Diodon*. Es hat nämlich Nils Rosén nachgewiesen, dass bei *Tetrodon* der Luftsack vom Magen durch einen Ringmuskel (sphincter) abgeteilt wird. Mit einem Worte bei *Tetrodon* ist der Luftsack nur durch eine enge Öffnung mit dem Magen verbunden, während bei *Diodon* der Magen allmählich in den Luftsack übergeht. Rosén weist außerdem nach, dass der Luftsack von *Diodon* nur durch Fäden von Bindegewebe mit den Bauchwandungen verbunden ist (Fig. 11), während er bei *Tetrodon* vollständig mit den Bauchwandungen verwachsen ist. Alle diese Angaben habe ich nachuntersucht. Ich muss sie durchaus bestätigen. Ich will hier nur noch hinzufügen, dass bei *Diodon* die lockere Befestigung mit Fäden durchaus notwendig ist; denn die ungeheuere Ausdehnung seines Bauchsackes (Fig. 6) ist nur dann ohne Zerreißungen möglich, wenn er aus Schichten besteht, die sich aneinander verschieben. Bei *Tetrodon* ist die Ausdehnung nicht so ungeheuer und daher sind denn auch seine Schichten weniger locker aneinandergefügt. Dieselben Verhältnisse sieht man ja auch an den Schichten der Hüllen unserer Luftschiffe und an den Schläuchen unserer Fahrräder. Übrigens habe ich auch an allen prall gefüllten Schwimmblasen trennbare Schichten nachgewiesen. (Vgl. „Verknöcherte Schwimmblasen“ (21)). Auch bei den verschiedenen *Tetrodon*-Arten gelang es mir immer mit Hilfe eines stumpfen Spatels den Luftsack aus seinen Hüllen herauszuschälen. Ich fand ihn stets von einer sehr dehnbaren Hülle umgeben, die reichlich Muskelfasern enthielt. Die Hülle erinnert also lebhaft an das Platysma myoides am Halse des Menschen. Näheres über die Muskeln des Luftsackes s. Anatom. Anzeig. 1899, Nr. 3 u. 4, S. 79 u. 80, Taf. 11. Besonders wichtig ist, dass Rosén den Ringmuskel zwischen Luftsack und Magen bei *Tetrodon* histologisch nachgewiesen hat. Die

Abschnürung des Luftsackes vom Magen erklärt auch, warum bei einigen Arten von *Tetrodon* der Lebergang verhältnismäßig weit entfernt vom Luftsacke in den Darm mündet. Man stelle sich nur vor, dass bei *Diodon* (Fig. 11) der größte Teil des Luftsackes abgeschnürt wird. Ein längeres Darmstück wird dann frei und der Lebergang liegt dann verhältnismäßig weit von der Einmündung des Leberganges entfernt (Fig. 12). Allerdings wird dieses Darmstück oft wohl auch noch dadurch verlängert, dass es bedeutend ausgereckt wird, wenn der Luftsack sich aufbläht. Wie ungeheuer er sich aufblähen kann, deutet Fig. 6 an. In Fig. 12 ist nur ein geringer Grad der Aufblähung dargestellt.

Wenn man bei den Balistiden die allmähliche Entstehung eines Luftsackes sieht, so fragt man unwillkürlich: Was veranlasste wohl diese, so große Luftmengen aufzunehmen, dass ihr Magen zu einem ungeheuerem Luftsacke ausgedehnt wurde?

Hierauf antwortet ihre Lebensweise. Klunzinger (9) teilt uns mit, dass die Balistiden, zu denen ja auch der *Monacanthus* gehört, in engen Felsspalten des roten Meeres leben. Diese Felsspalten enthalten, namentlich zur Zeit der Ebbe, oft nur wenig Wasser. Werden nun die geringen Wassermengen von der südlichen Sonne erwärmt, so sind die Balistiden gezwungen an der Oberfläche des Wassers zu liegen und Luft zu schnappen, wie unsere Karpfen in ihren Teichen an heißen Sommertagen.

Haben aber die Balistiden erst ihren Magen mit Luft gefüllt, so genügt es, wenn sie von Zeit zu Zeit geringe Luftmengen in die wasserhaltige Kiemenhöhle streichen lassen. Ihre Kiemen entziehen dann dem Wasser der Kiemenhöhle den zum Leben erforderlichen Sauerstoff. Die Fische können dann in vollständig luftfreiem Wasser leben, ja sogar zur Zeit der Ebbe — wie bekannt — vollständig auf dem Trockenen. Es erhält sich eben in ihren Kiemenhöhlen das aufgenommene Wasser, da sie vollständig von Haut umschlossen sind und nur zwei ganz enge und kurze Kiemenspalten haben. Bei Fischen mit weiten Kiemenspalten fließt hingegen das Wasser bald aus und die Kiemen trocknen ein. Eine ähnliche Atmung wie die Balistiden haben gewiß viele andere Fische mit engen Kiemenspalten, so z. B. unser Schlammbeißer (*Cobit. foss.*). Daher gelang es mir auch, ihn wochenlang in nassem Moose ganz wohl und munter zu erhalten.

Hierzu benutzte ich ein Tongefäß, das am Grunde ein wenig Wasser enthielt und mit nassem Moose gefüllt war. Es ist wohl anzunehmen, dass er nach Art der Balistiden von Zeit zu Zeit ein wenig Luft in die wasserhaltige Kiemenhöhle streichen ließ und dass seine Kiemen diese Luft atmeten. Er hat dann immer noch eine Kiemenatmung. Daher ist es nicht richtig, wenn man es ganz allgemein für bewiesen hält, dass er durch den Darm atmet,

d. h. dass er durch die Schleimhaut seines Darmes den Sauerstoff ins Blut befördert.

Dieses wäre erst dann bewiesen, wenn der Fisch, nach Absperrung der Kiemenhöhle vom Darm, von dem Sauerstoffe im Darme leben könnte. Solche Untersuchungen wurden aber bisher nicht gemacht.

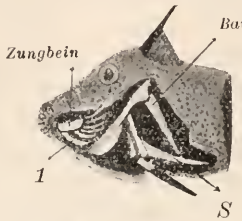
Es ist ja allerdings bekannt, dass der Schlammbeißer ganz unglaubliche Mengen Luft verschluckt. Er lässt sie aber bald wieder durch den After entweichen. Ermann (4) verstopfte den After durch Injektion von Wachs. Der Fisch „schwebte am Ende des zweiten Tages, wie ein *Diodon* auf der Oberfläche des Wassers, unfähig am Boden zu ruhen.“ Am dritten Tage erfolgte eine Explosion. Der Pfropf wurde herausgetrieben und der Fisch lebte wieder am Boden.

Man sieht also, der Schlammbeißer nimmt ganz ungeheuere Mengen Luft auf und doch tritt bei ihm kein Luftsack nach außen hervor. Er hat eben erstens einen sehr geraden Darm. Zweitens ist seine Bauchhöhle fest von 30 Rippen jederseits umschlossen. Die Balistiden haben hiergegen fast gar keine Rippen. Ihr Darm ist vielfach verschlungen (Fig. 8 u. 9). Außerdem wird noch die Bauchhöhle bei ihnen durch ganz besondere Verhältnisse ganz besonders nachgiebig. Dieses sollen erläutern die Figuren 1—5. Man sieht bei *Triacanthus* (Fig. 1) jederseits einen sehr kräftigen beweglichen Bauchstachel. In Fig. 2, 3, 4 sind die zwei Stacheln zu einem einzigen kleinen nur wenig beweglichen Stummel eingeschrumpft. In Fig. 5 fehlt auch dieser Stummel vollständig. Je kleiner aber der Stachel wird, um so mehr entwickelt sich ein Bauchsack. Eröffnet man die Bauchhöhlen der genannten Fische, so findet man, dass die Rückbildung der Stacheln auch zu Rückbildungen an ihren Trägern geführt hat. Hierdurch wurde aus einer sehr starren von Knochen umschlossenen Bauchhöhle eine sehr dehnbare, die für die Entstehung eines Luftsackes ganz besonders günstig ist. Diese Verhältnisse zeigen genauer die Figuren 13, 14, 15. Bei *Triacanthus* (Fig. 13) stützt sich der Träger der Bauchstacheln mit einem breiten Knochenfortsatz gegen den Schultergürtel.

Die Stützungsverhältnisse der Träger von Stacheln habe ich eingehender in meiner Abhandlung „Die Umbildungen an den Gliedmaßen der Fische besprochen“ (17). Ich habe dort darauf hingewiesen, dass die Träger von Flossen mit weichen Strahlen bewegliche knorpelhafte Gräten sind, welche zwischen Muskeln oder auch unter der Haut liegen. Werden jedoch die weichen Flossenstrahlen zu harten knöchernen Stacheln umgebildet, so nehmen auch die Flossenträger an Härte und Umfang zu. Aus den schlanken knorpelhaften Gräten werden breite knöcherne

Pfeiler, die sich gegen die Wirbelsäule oder andere feste Unterlagen stützen.

Dementsprechend ruhen denn auch die Bauchstacheln von *Triacanthus* auf einem ganz besonders festen Flossenträger, der sich mit einem breiten Fortsatze gegen den Schultergürtel stützt. Aber selbst diese feste Stützung scheint nicht die genügende Sicherheit zu bieten; denn sie wird jederseits durch einen langen Hautknochen unterstützt, der den Stachelträger und Schultergürtel zu einem dreiteiligen Gerüste abschließt (Fig. 13 Bauchknochen.) Derartige dreiteilige Gerüste sind ja ganz allgemein als ganz besonders fest anerkannt.



Triacanthus brevirost. Die beid. Bauchstacheln stützen sich auf ein 3teiliges Knochengerüst (Stachelträger, Schultergürtel, Bauchmuskelknochen. Fig. 13.

Monacanthus setifer. Beide Bauchstacheln bedeutend zurückgebildet und zu einem kleinen Stummel verwachsen. 3teiliges Gerüste gelöst. Träger der Stacheln an das untere Ende des Schultergürtels verschoben. Durch die Bewegungen des Trägers Bauchhöhle bedeutend erweitert (vgl. Fig. 13). Fig. 14.

Man findet sie z. B. an jenen „Wiener Stühlen, deren Lehne mit dem Sitze durch eine „Strebe“ verbunden ist. Diese „dreieckigen Verstrebungen“ kommen am Knochengerüste überaus häufig vor und man kann durch sie die Bedeutung vieler Knochen erklären, die bisher ganz unverständlich waren. Bei *Triacanthus* hat also der Bauchknochen die Bedeutung einer „Strebe“.

Die Rückbildung derartiger Stützungsverhältnisse tritt ein, wenn ein Stachel zurückgebildet wird wie z. B. bei *Monacanthus setifer* (Fig. 14). Wir finden hier das dreiteilige Gerüst gelöst. Der Stachelträger stützt sich nicht mehr gegen die Mitte des Schultergürtels, sondern gegen das untere Ende des Schultergürtels. Er ist also aus dem Inneren des Fisches nach außen verschoben und so zu einem Hautknochen geworden. Wir sehen also, die Rückbildung des Stachels hat eine Lösung der Stützungsverhältnisse bewirkt. Nur eines fällt auf.

Obgleich der Stachel fast vollständig zurückgebildet ist, so hat doch sein Träger keine dementsprechende Rückbildung erfahren. Der wagrechte Teil (*S* Fig. 13 u. 14) erscheint allerdings hochgradig verkleinert, aber der obere Teil des Trägers hat sogar eine Vergrößerung erfahren.

Diese Vergrößerung widerspricht unseren Beobachtungen bei Rückbildungen von Gliedmassen; denn beim Schwund einer Gliedmaße pflegt auch der Träger derselben zu schwinden, jedenfalls sich nicht zu vergrößern.

Für diese auffallende Vergrößerung findet man eine Erklärung, wenn man eine größere Anzahl von *Monacanthus*-Arten untersucht. Man bemerkt dann, dass der Stachelträger eine bedeutende Beweglichkeit besitzt und dass auch Muskeln an ihm vorhanden sind, welche den Fisch, befähigen willkürlich den Stachelträger so zu drehen, dass seine Spitze *S* (Fig. 14) einen Kreisbogen beschreibt.

Dieser Bogen wurde von mir an mehreren Arten von *Monacanthus* gemessen. Am größten ist er bei dem zottigen *Monacanthus penniciligerus* (Fig. 3). Bei Bewegungen des Stachelträgers beschreibt seine Spitze *S* einen Bogen von 45°. Der Fisch kann den Stachel soweit nach vorn drehen, dass er mit dem aufgerichteten Rückenstachel in eine Linie zu liegen kommt (Fig. 3). Bei *Monacanthus granulosus* (Fig. 2) beträgt die Beweglichkeit 30°, *Monacanthus pardalis* 20°, *Balistes assasi* 30°, *Balistes ringens* 15°. Noch bedeutender ist jedenfalls die Beweglichkeit bei *Triodon*, eine Fischart, die Boulenger (1) sehr mit Recht neuerdings zwischen Triacanthiden und Balistiden stellt, obgleich ihn noch Günther zu den Gymnodonten rechnet, also eigentlich zu den Kugelfischen zählte.

Günther (7) sagt von ihm: „Bauch zu einem großen, zusammengedrückten, hängenden Sacke ausdehnbar, dessen unterer Teil nur ein Hautlappen ist.“ Sehr treffend nennen die Franzosen den *Triodon* „le grand souffleur, eine ähnliche Benennung haben auch die Holländer.

Wir sehen also, dass die Balistiden mit ihrem Träger der Bauchstacheln recht ausgiebige Bewegungen machen können. Die Bewegungen sind willkürlich. Das beweisen die wohlentwickelten Muskeln des Trägers[1]).

Man kann also sagen: der Stachelträger des *Triacanthus* hat sich allmählich von einem Stützorgan zu einem Bewegungsorgan umgebildet. Hierdurch wird auch seine Vergrößerung verständlich. Wir wissen ja, dass auch beim Menschen die Muskeln und Knochen der Gliedmaßen durch gesteigerte Bewegungen ganz außerordent-

---

1) Genauer abgebildet und beschrieben habe ich die Muskeln im Anatom. Anzeiger 1899, S. 79—81, Fig. 15—18.

lich wachsen können. Geht z. B. ein Bein verloren, so entwickeln sich die Muskeln und auch Knochen des anderen Beines oft ganz ungeheuer. Ich erinnere hier nur an die einbeinigen Tänzer und an den armlosen Künstler Unthan, den Hans Virchow beschrieben hat. Wozu dienen nun die Bewegungen des Stachelträgers vom *Monacanthus*. Hierauf antwortet die Lebensweise des *Monacanthus* und seiner Verwandten. Klunzinger (9) berichtet uns, dass die Balistiden, zu denen ja auch der *Monacanthus* gehört, Klippfische sind. Wenn sie verfolgt werden, ziehen sie sich in ihre Schlupfwinkel, enge Felsspalten, zurück, aus denen sie schwer hervorzuziehen sind, da sie sich mit ihrem Rückenstachel gegen die Decke der Spalten stützen. Für den Aufenthalt in engen Felsspalten ist der flache Körper des *Monacanthus* ganz besonders geeignet. Das Schwimmen in sehr engen Spalten ist kaum möglich. Der Fisch kann hier sich nur mit Hilfe seines stacheligen Schwanzes, mit dem Rückenstachel und Bauchstachel vorwärts und rückwärts schieben. Hierbei ist gerade die Kürze dieser Stacheln ihm ganz besonders nützlich. Sie erinnern gewissermaßen an die kurzen Beine der Dachshunde und an die geschrumpften Gliedmaßen der schlangenartigen Saurier. Beim Vorwärtsschieben in engen Gängen ist ihm auch der bewegliche Träger des Bauchstachels von großem Nutzen. Er bietet ihm die Möglichkeit, sich „dünner zu machen". Bei den hierzu erforderlichen Bewegungen wird die Bauchhöhle bald erweitert, bald verengert, wie bei einem Blasebalge. Hierdurch entsteht allmählich ein so großer Bauchsack, wie ihn Günther schon bei *Triodon* beschreibt (siehe oben).

Dieser „Hängebauch" wird selbstverständlich immer mehr und mehr von den herabhängenden Eingeweiden ausgefüllt, besonders wenn der Fisch größere Mengen von Nahrung oder Luft aufnimmt. Wir haben bereits oben gesehen, dass der *Monacanthus* zur Luftaufnahme oft gezwungen wird. Besonders groß ist der Bauchsack und Magen bei *Monacanthus trossulus* (Fig. 5 u. 10). Die Bauchhöhle dieses Fisches ist aber auch bedeutend weiter als bei anderen Arten von *Monacanthus*. Dementsprechend ist auch bei ihm der ganze Träger des Bauchstachels hochgradig zurückgebildet (Fig. 10 u. 15). Einen ähnlichen Bauchsack haben auch einige nahe Verwandte des *Monacanthus (Alutera) trossulus*, die Fische *Alutera cinerea*, *punctata* und andere. Auch ihnen fehlt ein Bauchstachel vollständig, ihre Träger jedoch scheinen stark entwickelt zu sein, soweit sich dieses durch die Haut fühlen ließ. Leider konnte ich keinen dieser Fische zergliedern. Das wäre aber sehr wichtig; denn es ist anzunehmen, dass ihr Magen und Darm sehr ähnlich wie bei *Monacanthus trossulus* sind. Übrigens sind sie viel häufiger und auch viel größer als *Monacanthus trossulus* und daher viel bequemer zu untersuchen. — Gänzlich geschwunden ist

der Träger der Bauchstacheln bei *Diodon* und *Tetrodon*. Dementsprechend hat auch der Bauchsack dieser Fische eine so ungeheuere Ausdehnung erreicht, dass der Name „Kugelfisch“ für sie vortrefflich passt (Fig. 6, 11, 12).

Wir sehen also, der Träger der Bauchstacheln hat zunächst wie der Hebel eines Blasebalges gewirkt und durch seine Bewegungen allmählich die ganze Bauchhöhle so sehr ausgeweitet, dass schließlich ein so großer Bauchsack entstanden ist, wie wir ihn bei *Monacanthus trossulus* finden.

Hierauf ist der ganze Knochen geschwunden und der Fisch kann seinen Magensack auch ohne ihn aufblasen, wie wir einen Handschuh aufblasen können, nachdem wir ihn mit dem Handschuhweiter gedehnt haben.

Allerdings hat sich beim Kugelfisch anstelle des „Blasebalghebels“ ein anderes Pumpwerk entwickelt.

Gleichzeitig mit dem Schwinden des Bauchstachelträgers bemerkt man nämlich an den Vorfahren der Kugelfische die Vergrößerung anderer Knochen. Schon bei *Triacanthus* findet man jederseits den 1. Kiemenhautstrahl *1* bedeutend größer als die übrigen Strahlen (Fig. 13). Noch größer ist er bei *Monacanthus setifer* und *trossulus* (Fig. 14 u. 15). Bei *Diodon hystrix* jedoch bildet er jederseits eine breite Platte (Fig. 16, *1*). Sie wird vom Fische dazu benutzt, die Kiemenhöhle abwechselnd zu erweitern und zu verengern und so Luft und Wasser in den Magen zu pumpen. Hierzu ist die Platte auch mit ganz besonders kräftigen Muskeln versehen.

Dieses „Aufpumpen“ geht mit einer unglaublichen Geschwindigkeit vor sich. Das bemerkt man sofort, wenn man einen Kugelfisch aus dem Aquarium nimmt. In einigen Sekunden bläht er sich vollständig auf, wie ein Seelump (*Cyclopterus lumpus*), den man aus der Tiefe des Meeres gezogen hat. Dieser Fisch besitzt ja keine Schwimmblase, aber einen sehr weiten Magen, den er sofort vollständig aufbläht, sowie er aus einer Tiefe von 8 m an die Luft gezogen wird, d. h. er wird „trommelsüchtig“. Sehr anschaulich schildert dieses der vortreffliche Beobachter Hinkelmann. Er schreibt mir: „Ein Seelump, den man aus einer Tiefe von 8 m mit einem Netze an die Oberfläche zieht, wird nicht trommelsüchtig, sobald man ihn unterhalb der Oberfläche aus seinen Banden befreit und ihn sofort sich selbst überlässt. Unter Umständen kann man ihn sogar aus dem Wasser heben und er wird nicht trommelsüchtig, solange er das Maul nicht aufreißt. „Tut er's, dann ist es um ihn geschehen.“

Der Seelump geht also schnell an der Trommelsucht ein. Der erwachsene *Tetrodon cutcutia* hingegen überwindet sie leicht. Legt man ihn zurück ins Wasser, so lässt er allmählich die aufgenommene

Luft wieder ausströmen und schwimmt ungefährdet davon. Ganz junge *Tetrodon cutcutia* von etwa 1 cm Länge gehen aber schnell an der Trommelsucht ein. Wenn sie an die Luft kommen, blähen sie sich sofort zu einer vollständigen Kugel auf. Offenbar entstehen in ihrem Magen Risse und die ganze Körperhaut wird zu einem gewaltigen Emphysem aufgetrieben. Ja ich sah sogar, dass selbst junge *Tetrodon cutcutia* von 2—3 cm Länge nur sehr schwer die aufgenommene Luft wieder abgeben können. Sie halten sich daher stets am Grunde. Nur hin und wieder füllen sie ihren Magen mit Wasser, wenn sie erregt werden. Sie „erziehen" ihn hierdurch gleichsam zur Aufnahme von Luft. Übrigens sollen auch erwachsene *Tetrodon cutcutia* nur selten größere Mengen Luft aufnehmen. Sie füllen ihren Bauchsack meist nur mit Wasser, besonders wenn sie miteinander kämpfen. Sie sind nämlich ganz außerordentlich bissig. Diese Angaben machte mir Herr Paul Schäme in Dresden, einer der besten Kenner des *Tetrodon cutcutia*; denn er hat große Mengen dieses Fisches gezogen. Ähnliche Angaben machten mir auch Dr. Hugh Smith, Direktor von Woods Hall in Washington. Er schrieb mir, dass *Tetrodon maculatus* ganz besonders bissig sei und dass sein Bauchsack meistens halb mit Wasser gefüllt ist, wenn man ihn aus dem Aquarium nimmt. Er „kompletiert" dann die andere Hälfte mit Luft. Auch von *Diodon* schreibt Günther (7), es sei anzunehmen, dass er seinen Magen häufig mit Wasser fülle.

Jedenfalls ist es auch für die Kugelfische oft von großem Nutzen, dass ihr Bauchsack ein Gemisch von Luft und Wasser enthält, besonders, wenn sie zur Zeit der Ebbe auf dem Trocknen liegen bleiben. — Aus all' diesen Tatsachen geht wohl hervor, dass die Kugelfische erst allmählich die Fähigkeit erworben haben, größere Mengen Luft schadlos aufzunehmen und wieder abzugeben, ja es muss sogar jeder einzelne junge Kugelfisch diese Fähigkeit wieder aufs neue durch allmähliche Gewöhnung erwerben, sonst geht er an der Trommelsucht ein, wie ein Seelump und andere Fische. So zeigt sich denn auch hier, dass bei allmählicher Gewöhnung und Anpassung oft sehr tiefgreifende Einwirkungen den Tierkörper nicht schädigen, sondern bloß hochgradig verändern. Machen sich jedoch dieselben Einwirkungen plötzlich geltend, so bedingen sie Krankheit oder Tod. Ja viele unserer Krankheiten entstehen nur dadurch, dass wir oft nicht imstande sind, uns veränderten Verhältnissen anzupassen. — Wir haben also gesehen, dass *Tetrodon cutcutia* meistens seinen Bauchsack nur mit Wasser füllt und nur gelegentlich mit Luft „kompletiert". Überhaupt ist die Häufigkeit der Luftaufnahme bei den Kugelfischen sehr verschieden — je nach ihren Lebensverhältnissen. Am meisten Luft aufnehmen kann offenbar *Diodon hystrix*, vgl. Fig. 6. Er lebt — wie mir das Carl Möbius (11)

persönlich sehr anschaulich schilderte — an flachen Küsten und wird oft von der Brandung ans Land geschleudert.

Tetrodon cutentia hingegen lebt in Flüssen Indiens und gerät daher wohl nur selten aufs Trockene. Er ist also wohl nur selten dazu gezwungen, außerhalb des Wassers zu leben. Infolgedessen ist denn auch seine Fähigkeit Luft aufzunehmen und sein Bauchsack weniger entwickelt. Noch kleiner soll der Bauchsack bei *Tetrodon fluviutilis* sein, der Gebirgsströme hinaufsteigt. Auch *Tetrodon fahaka* steigt den Nil hoch hinauf. Gewiß ist es sehr bemerkenswert, dass 2 *Fahaka* aus dem Sudan, die seit 6 Jahren im Grottenaquarium zu Kairo leben, sich gar nicht mehr aufblähen. Hingegen ist bekannt, daß die *Fahaka*, welche man früher häufiger im Delta beobachtete, sich recht erheblich aufblähten. Leider kann man jetzt im Nil hierüber keine vergleichenden Untersuchungen mehr anstellen, da der *Fahaka* im unteren Nil so gut wie ausgestorben ist. So schreiben mir Prof. Schweinfurth und Dr. Bannwarth aus Kairo. Es geht aber schon aus den bisherigen Beobachtungen hervor, dass der *Fahaka*, je nach seinem Wohnort im Nil, seine Fähigkeit, Luft aufzunehmen, bedeutend ändert.

Es gibt aber auch einige Arten von *Tetrodon*, die an steilen Abhängen im Meere leben und daher selbstverständlich nur ausnahmsweise auf das Trockene geraten. Sie haben dementsprechend nur einen sehr schwach entwickelten Luftsack. Hierher gehört z. B. der *Tetrodon scleratus* (Fig. 7). Bei ihm ist der Luftsack nicht mehr so deutlich vom Magen abgeschnürt, wie bei anderen *Tetrodon*-Arten und hat daher eine Form angenommen, die an *Diodon* erinnert, also an Formen, die bei den Vorfahren des *Tetrodon* vorkommen. Sein schlanker Körper erinnert sogar an den *Triacanthus* und den noch entfernteren fossilen *Pleuracanthus*.

Bei *Tetrodon scleratus* ist aber nicht bloß der Luftsack hochgradig zurückgebildet, sondern auch sein „Pumpwerk". Das zeigt Fig. 16 B.

Bei *Diodon hystrix* ist der erste Kiemenhautstrahl (*1*) in eine breite Knochenplatte umgebildet, die von Knochenleisten versteift wird. Bei *Tetrodon rubripes* (A) ist schon eine Rückbildung der Platte eingetreten, entsprechend der Verkleinerung seines Luftsackes. Bei *Tetrodon scleratus* hat aber die Platte eine Form angenommen, die lebhafter an den Strahl *1* von *Monacanthus trossulus* erinnert. Versteift wird sie nur dadurch, dass sie ausgehohlt ist.

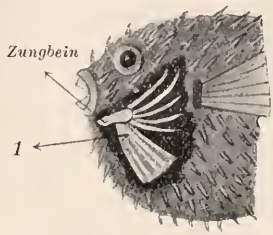
Wir sehen also eine Vergrößerung des Strahles *1* von *Triacanthus* bis *Diodon* (Fig. 13—16), eine Rückbildung bei *Tetrodon rupribes* und *scleratus* (Fig. 16, A u. B).

So ist denn eine Vermutung bestätigt, die ich schon vor Jahren ausgesprochen habe. Ich schrieb 1899: „Man findet den Kugelfisch

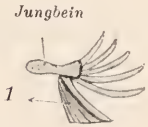
an Abhängen der Küste, ja sogar in Flüssen (*Tetrodon fahaka*, Nil; *Tetrodon fluviatilis*, Brackwasser und Flüsse Ostindiens). Es wäre wertvoll festzustellen, ob an diesen Flußfischen eine Rückbildung des Luftsackes statthat. Unmöglich wäre es nicht, da die Fähigkeit sich aufzublähen, bei den verschiedenen *Tetrodon*-Arten verschieden ist."

Diese Vermutungen wurden also durch meine neueren Untersuchungen vollkommen bestätigt. Dieselben Untersuchungen haben aber zugleich auch noch einige andere Vermutungen als richtig er-

Monac. trossulus. Bauchstacheln vollständig geschwunden. Ihr Träger hochgradig zurückgebildet (vgl. Fig. 5 u. 10). Fig. 15.



Diodon hystrix. Träger der Bauchstacheln vollständig geschwunden. 1. Kiemenhautstrahl hochgradig vergrößert und zu einem Pumpwerk ausgebildet. Vgl. auch Fig. 13, 14, 15 (*l*). Fig. 16.



Tetrodon rubrip. Kiemenhautstrahl. Fig. 16 A.

Tetrodon scleratus. Fig. 16 B.

wiesen. Ich schrieb 1899: „Man liest noch immer in einigen Handbüchern, dass bei *Tetrodon* die Wirbelsäule unvollkommen geschlossen und überhaupt unvollkommen verknöchert ist [2]), und doch hat schon Hollard vor 40 Jahren nachgewiesen, dass sie vollständig geschlossen ist, dass nicht eine Spina bifida besteht, sondern bloß eine Spaltung der Dornfortsätze (Fig. 17), wie sie ja auch am Halsteile eines jeden Menschen vorkommt, allerdings beim Menschen in viel geringerem Grade.

Beim Menschen bilden die gespaltenen Dornfortsätze eine Muskelrinne, in welcher die Musculi interspinales liegen. Sie haben die Bestimmung, die Dornfortsätze einander zu nähern und so

2) Diese Angabe findet man auch jetzt noch in den neuesten Werken.

den Hals rückwärts zu biegen. Diese Bewegung ist an der Halswirbelsäule des Menschen mehr ausgebildet als an anderen Teilen der Wirbelsäule und infolgedessen findet man auch die Musculi interspinalis ganz besonders stark an den Halswirbeln entwickelt.“ Genau dasselbe kann man beim *Tetrodon* beobachten. Er kann den vorderen Teil seiner Wirbelsäule sozusagen zu einer Art „Katzenbuckel“ krümmen und so der Kugelform des Luftsackes anpassen. Wenn er diese Fähigkeit nicht besäße, würde seine Wirbelsäule beim Aufblähen des Bauchsackes zerbrechen. Zum Ausgleich dieses „Katzenbuckels“ dient ein paariger Muskel, der in der Rinne liegt, welche von den gespaltenen Dornfortsätzen gebildet wird.

Hollard gibt an, dass die Zahl der gespaltenen Dornfortsätze bei den verschiedenen *Tetrodon*-Arten verschieden ist. An Skeletten des Museums für Naturkunde in Berlin konnte ich diese Angabe bestätigen. Nicht unwichtig wäre es, festzustellen, ob an jenen *Tetrodon*-Arten, deren Fähigkeit sich aufzublähen gering ist, auch die Zahl der gespaltenen Dornfortsätze geringer ist.

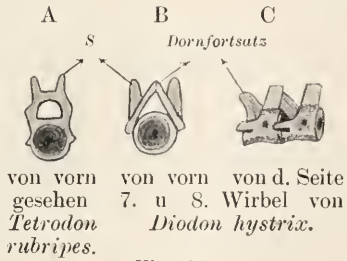


Fig. 17.

Nach meinen neuesten Untersuchungen ist das allerdings bei den Kugelfischen der Fall. Am meisten aufblähen kann sich *Diodon hystrix*, weit weniger *Tetrodon rubripes*, *hispidus*, *cutcutia*, *scleratus* und *margaritatus*. Dieser Tatsache entspricht auch der Bau ihrer Wirbel. *Diodon hystrix* hat zwischen Hinterhaupt und Rückenflosse 10 Wirbel — alle mit gespaltenen Dornfortsätzen, *Tetrodon hispidus* und *cutcutia* haben 7 Wirbel — hiervon 4 mit gespaltenen Dornfortsätzen, *Tetrodon scleratus* und *margaritatus* 6 Wirbel — hiervon 3 mit gespaltenen Dornfortsätzen.

Übrigens ist nach meinen neueren Untersuchungen der Ausdruck „gespalten“ nicht richtig. Ich habe ihn aus der menschlichen Anatomie herübergenommen, dort ist er allgemein gebräuchlich.

Bei den Kugelfischen liegen jedoch die Verhältnisse anders.

Ich finde bei *Diodon hystrix* den ersten Wirbel von der Form Fig. 17 A, den siebenten und die folgenden jedoch von der Form B, d. h. sie haben einen deutlichen Dornfortsatz und zwei seitliche Fortsätze. Es sind also zwei seitliche Fortsätze neben dem Dorn-

fortsatze entstanden. Hierauf wurde der Dornfortsatz zurückgebildet und es entstand so die Form Fig. 17 A.

Hollard (8) nimmt allerdings ein dédoublement des apophyses epineuses an, weist aber darauf hin, dass bei den Gymnodonten apophyses transverses vorhanden sind, während sie bei anderen Knochenfischen selten vorkommen. Es scheint aber, dass Hollard ein trockenes Skelett von *Diodon hystrix* untersuchte.

Ich habe hiergegen die Knochen, Bänder und Muskeln von *Diodon hystrix* sehr genau an gut erhaltenen Spirituspräparaten untersucht. Übrigens sind ja die Fortsätze an den Wirbeln sehr wechselnd und mannigfaltig. Es handelt sich hier meistens um Gelenkfortsätze und diese zeigen nach Tornier höchst mannigfaltige Verhältnisse.

Ich mache übrigens darauf aufmerksam, dass die gegabelten Dornfortsätze der Kugelfische für die Bestimmung fossiler Fischreste von großer Bedeutung sind. Soweit mir bekannt, besitzt außer *Tetrodon*, *Diodon* und *Orthagoriscus* keine andere Fischart gegabelte Dornfortsätze.

Findet man also Wirbel mit solchen Fortsätzen in Verbindung mit anderen Fischresten, so hat man ganz sicher einen dieser Fische vor sich.

Auch der Kiemenhautstrahl *1*, der bei *Diodon* zu einer Platte verbreitert ist (Fig. 16), genügt zur Bestimmung eines *Diodon*. Auf ähnliche höchst eigenartige Knochen habe ich schon in meinem „Vorfahren der Schollen“ hingewiesen (19). Ich habe dort gezeigt, dass man nach zwei Knochen recht genau Schollen bestimmen kann.

Auch bei den Welsarten haben die Gelenkköpfe, der Bauchstachel und die Sperrknochen der Rückenflosse oft so eigenartige Formen, dass man häufig schon nach ihnen Bestimmungen machen kann. Ich habe in meinen „Umbildungen an den Gliedmaßen der Fische“ gezeigt, dass der Umfang und die Krümmungen einiger Sperrknochen bei manchen Welsarten ganz genau mit dem Zirkel und Winkelmaß bestimmbar sind.

Ganz gewiss haben viele Tiere einige derartige leicht erkennbare Knochen und daher glaube ich, es wäre sehr wünschenswert, wenn andere Anatomen, meinem Beispiele folgend, diese Knochen in Wort und Bild beschreiben wollten. Hierdurch könnte man gewiss dem Paläontologen seine mühsamen Arbeiten sehr erleichtern, besonders, wenn jemand diese Beschreibungen zu einem Leitfaden zusammenstellen würde.

Jedenfalls ist es höchst wünschenswert, dass man beim Bestimmen fossiler Fischknochen auf die Dornfortsätze der Wirbel achtet. Vielleicht würde es dann gelingen, einige neue fossile Kugelfische zu entdecken. Bisher sind ja nur einige spärliche Knochenreste von *Diodon* bekannt.

Etwas besser bekannt sind uns entferntere Verwandte der Kugelfische, jene hochinteressanten Mischformen von *Triacanthus* und *Balistes*, die in der Kreide von Monte Balca und Glaris vorkommen — *Protobalistum*, *Acanthoderma*, *Acanthopleurus*.

Diese Fische sind gleichsam „Sammelformen". Auch der *Glyptocephalus* ist offenbar eine Sammelform. Er hat den Schädel eines *Balistes*, sein Körper aber ist mit Höckern bedeckt, die in regelmäßigen Reihen angeordnet sind. Genaueres hierüber siehe Lit.-Anh. Nr. 2, 23, 24.

Entferntere Verwandte der Haftkiefer sind nach Dareste, Klunzinger (9) und Boulenger (1) auch die Acronuriden. Sie haben einen ähnlichen Körperbau und auch eine ähnliche Lebensweise wie die Haftkiefer, d. h. sie leben in Korallenriffen. Auch ihre inneren Organe erinnern bis zu einem gewissen Grade an die Haftkiefer. Der Magen von *Acanthurus* ist ähnlich gebaut, wie der Magen einiger Arten des *Balistes* und *Monacanthus* (Fig. 9). Der Magen von *Naseus unicornis* aber hat die Kugelform des Magens von *Monacanthus trossulus* (vgl. Fig. 10). Eine derartige Kugelform entsteht — wie wir gesehen haben — wenn elastische Hüllen häufiger prall mit Luft und Wasser gefüllt werden. *Naseus* wird also durch seine Lebensweise häufiger gezwungen, größere Mengen Luft aufzunehmen. Trotzdem konnte bei ihm die Erweiterung des Magens nicht so weit fortschreiten, dass schließlich ein Luftsack bruchartig hervorquoll, wie bei den Kugelfischen; denn seine Bauchhöhle ist fest von starken Rippen umschlossen, während die Balistiden fast gar keine Rippen haben. Außerdem wird bei ihm der Raum zwischen den freien Enden der Rippen vollständig vom Träger der Bauchflossen ausgefüllt. Befestigt ist er am unteren Ende des Schultergürtels, wie bei den Balistiden (Fig. 14). Er ist ganz besonders kräftig entwickelt; denn er trägt zwei Bauchflossen mit kräftigen, stacheligen Strahlen, die von kräftigen Muskeln bewegt werden. Die Ansatzpunkte dieser Muskeln tragen auch dazu bei, den Umfang des Trägers zu vergrößern.

Hiergegen sind bei *Monacanthus trossulus* die Bauchflossen vollständig geschwunden und ihr Träger ist fast ganz zurückgebildet (Fig. 10, 15).

Dieser Schwund ist ein wesentlicher Unterschied zwischen den Balisten und den Kugelfischen. Jedenfalls hat er das Hervorquellen eines Luftsackes in hohem Grade begünstigt.

Die Neigung zum Flossenschwund ist auch bei den Acronuriden sehr bemerkbar, aber in geringerem Grade.

Günther (6), Lütken (10) und Klunzinger (9) haben sie sehr schön in Bild und Wort beschrieben.

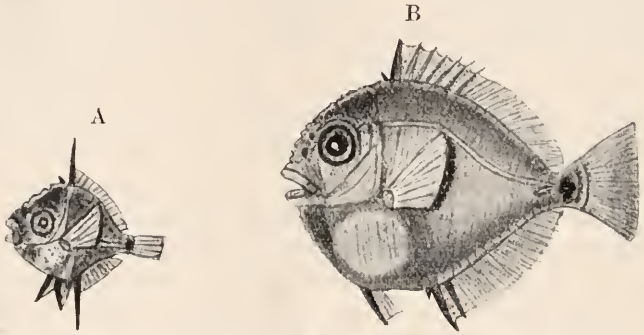
Günther weist nach, dass die Jugendformen von *Naseus unicornis* mit auffallend großen Bauch und Rückenstacheln be-

wehrt sind. Im späteren Alter verkleinern sie sich so sehr, dass man früher diese Jugendformen als eine besondere Gattung ansah (Keris).

Besonders groß sind die Bauch-, Rücken- und Afterstacheln auch bei Jugendformen von *Acanthurus coerulens* (Fig. 18 A u. B). Lütken bildet sie in seinem hochinteressanten Werke Spolia atlantica ab. Ich gebe hier die Abbildungen wieder, da das Werk nur wenig verbreitet und bekannt ist.

Die ganze Gestalt dieser Jugendformen ist so auffallend, dass auch sie als eine besondere Gattung — *Acronurus* — beschrieben wurden.

Klunzinger, der beste Kenner der Fische des roten Meeres, stimmt Günther und Lütken bei (S. 81) (9). Die Jugendform eines *Acanthurus* ist offenbar auch das *Callamostoma*, ein kleiner



Die Rückenbildung der Stacheln bei Jugendformen von *Acanthurus caerulens* n. Lütken. Fig. 18.

Fisch aus dem Eozän des Monte Bolca, von Steindachner (14) beschrieben. Ganz besonders auffallend sind an ihm seine ungeheueren Rückenstacheln. Ich habe diese Jugendform in meinen „Umbildungen“ u. s. w. abgebildet.

Neben der Neigung zum Flossenschwunde haben die Acronuriden noch eine andere Neigung gemeinsam mit den Balistiden, d. i. an der Stirne Auswüchse, ja sogar Hörner zu bilden. Unter den Acronuriden findet man einen *Naseus frontisconis*, unter den Balistiden einen *Monacanthus rinoceros* und *nasicornis*.

Bei *Acanthurus* entstehen diese Hörner, wenn die Fische schon eine Länge von etwa 10 cm und mehr erreicht haben. Jedenfalls handelt es sich beim Neubilden solcher Hörner und beim Rückbilden von Stacheln um Anpassungen an Veränderungen des Lebens, die plötzlich in einem bestimmten Lebensalter eintreten.

Lütken hat noch viel bedeutendere Umwandelungen an den Larven sehr zahlreiche Meeresfische nachgewiesen. Er nennt sie „Hemimetamorphosis“ und allerdings erinnern sie an die Meta-

morphosen vieler Tiere. Überblickt man seine Abbildungen, so erstaunt man über die ungeheueren Veränderungen, die jedenfalls in kurzer Zeit an den Larven vor sich gehen. Unwillkürlich fragt man: Wodurch entstehen sie? Soweit mir bekannt, blieb diese Frage bisher unbeantwortet. Ich meine aber ein Teil von ihnen entsteht dadurch, dass plötzlich Hochseeformen, also Oberflächenformen in Küstenformen, also Bodenformen umgewandelt werden.

Ein bekanntes Beispiel hierfür sind die Veränderungen, die an den Larven der Schollen (Pleuronectiden) vorsichgehen, wenn ihre „pelagischen Formen" sich in Küstenformen umwandeln.

Diese Larven entstehen aus Eiern, die auf dem offenen Meere schwimmen. Sie verbleiben auch auf dem Meere eine Zeitlang. Sie schwimmen dort aufrecht und haben zu jeder Seite des Kopfes ein Auge, wie alle übrigen Fische. Haben sie jedoch eine Größe von etwa 1 cm erreicht, so ziehen sie an die Küste und vergraben sich dort in den Sand. Hierdurch werden sie in wenigen Tagen ganz ungeheuer umgewandelt. Stephen Williams (22) hat nachgewiesen, dass in einigen Tagen ein Auge auf die andere Seite des Kopfes „hinüberwandert". Ganz selbstverständlich werden dadurch die Augenmuskeln sehr bedeutend verlagert, ja z. T. sogar zum Schwunde gebracht. Die Gesichtsknochen werden bedeutend verbogen und auch die inneren Organe erleiden große Umwälzungen, so große, dass man sich wundern muss, wenn nur ein geringer Teil der Larven an ihnen eingeht. (Thilo 19 u. 20.) Ganz sicher treten ähnliche Veränderungen auch bei anderen Fischarten ein, wenn sie vom offenen Meere zur Küste übersiedeln. Besonders ihre Gliedmaßen müssen sich dann zu allererst den veränderten Verhältnissen anpassen. Auch bei den Schollen wurden ja zu allererst die Gliedmaßen umgewandelt. Das erkennt man deutlich, wenn man ihre fossilen Vorfahren betrachtet. Diese waren dem jetztlebenden *Zeus* ähnlich, der ja ganz besonders stark entwickelte Stacheln trägt. Schon 1901 habe ich darauf hingewiesen, dass die Schollen, trotz ihrer schwachen Flossen besonders kräftige Flossenträger haben (19). Ich sprach daher die Vermutung aus, dass es gewiss versteinerte Fische gibt, deren Flossenstrahlen zwischen *Zeus* und den Schollen stehen. Hierauf zeigte Boulenger (1), dass der fossile *Amphistium* allerdings solche Flossenstrahlen hat und seinen ganzen Knochenbau nach zwischen *Zeus* und dem Steinbutt (*Rhombus*) steht. Infolgedessen stellte er *Zeus*, *Amphistium* und *Rhombus* zu einer Abteilung zusammen, die er *Zeo-Rhombi* nannte.

Eine ähnliche Rückbildung der Stacheln bemerkt man, wenn man fossile Balistiden mit jetztlebenden vergleicht. Die fossilen *Protobalistum*, *Acanthopleurus*, *Acanthoseratus* haben ganz besonders

kräftige Stacheln, während bei einigen jetzt lebenden *Monacanthus*-Arten die Stacheln fast ganz zurückgebildet sind.

Bei ihnen werden die Stacheln so sehr zurückgebildet, weil sie in Korallenbrunnen und engen Felsspalten leben und sich sozusagen zu „Höhlenbewohnern" ausbildeten. Bei den Acronuriden hingegen werden die Stacheln nur z. T. zurückgebildet, weil die Fische nicht ausschließlich in Korallenriffen leben, sondern auch häufiger das offene Meer aufsuchen. Nach Günther (6) berichten z. B Quoy und Gaymard, dass im Karolinenarchipel *Acanthurus strigatus* periodisch sich der Küste in ungeheuren Mengen dem Ufer nähern.

Die Acronuriden sind also keineswegs so vollständige Riffbewohner wie die Balistiden und daher stammen denn auch die Verschiedenheiten, die wir an beiden Fischarten wahrnehmen.

Zwei Hauptunterschiede sind — das Fehlen der Rippen und das vollständige Schwinden der Bauchstacheln und ihrer Träger bei den Balistiden.

Diese beiden Eigentümlichkeiten gaben jedenfalls auch den Ausschlag bei der Bildung eines Luftsackes.

Wir haben oben gesehen, dass die Rückbildung der Stacheln einigen Haftkiefern (Balistiden) von großem Nutzen war bei ihren Bewegungen in engen Felsspalten, dieser Nutzen war aber nur vorübergehend; denn gerade diese Rückbildung führte zur Entstehung eines Luftsackes, der bei den Kugelfischen so hochgradig entwickelt ist, dass er ihnen den Aufenthalt in engen Felsspalten sehr erschwert. Ja er zwingt sie sogar offenes Wasser aufzusuchen und sogar Flüsse hinaufzusteigen.

Alles dieses sind doch höchst wechselvolle Verhältnisse! In ihnen zeigt sich kein bestimmter Bauplan, sondern doch nur das Zusammentreffen sehr verschiedenartiger Lebensbedingungen, mit sehr eigenartigen körperlichen Verhältnissen. Das tritt schon hervor, wenn wir die Hauptformen der Haftkiefer überblicken (Fig. 1 bis 8). Man betrachte doch nur den schlanken Körper von *Triacanthus*, den flachen von *Monacanthus*, die Kugelform von *Diodon* und zuletzt wieder den schlanken Körper von *Tetradon scleratus*.

Man sieht dann deutlich, wie bei den Haftkiefern Luftsäcke **entstehen und vergehen.**

Ergebnisse.

1. Nach meinen Untersuchungen sind bei den Kugelfischen die Luftsäcke ebenso entstanden, wie bei ihren Verwandten, den Balistiden — durch eine Erweiterung des Magens.

2. Bei den Balistiden trat diese Erweiterung ein, als das feste Knochengerüste der Bauchhöhle gelöst wurde, das bei vielen *Balistes*-Arten die Bauchhöhle zusammenhält.

3. Die Lösung erfolgte, als die Bauchstacheln zurückgebildet wurden, die sich auf dieses Gerüste stützten. Fig. 1—6. Hierbei wurde der Träger der Bauchstacheln aus der Bauchhöhle nach unten verschoben und zu einem beweglichen Hautknochen umgebildet. Fig. 14.

4. Durch die Bewegungen dieses Knochens wurde die Bauchhöhle allmählich zu einem schlaffen Sacke ausgedehnt, in welchen die Eingeweide hinabsanken.

5. Allmählich schwand dieser bewegliche Hautknochen. Fig. 15.

6. Zugleich mit dem Schwinden dieses Knochens vergrößerte sich der erste Kiemenhautstrahl und bildete sich zu einem „Pumpwerke“ aus. Fig. 13, 14, 15, 16.

7. Dieses Pumpwerk beförderte oft große Mengen von Luft und Wasser in den Magen, da die Balistiden oft gezwungen sind in flachen, luftarmen Gewässern zu leben und sich dann mit einem Vorrate von Luft zu versorgen.

8. Hierdurch wurde die Bauchhöhle zu einem großen Luftsacke erweitert. Begünstigt wurde die Erweiterung besonders dadurch, dass die Balistiden nur sehr schwach entwickelte Rippen haben.

9. Die Entstehung des Luftsackes aus dem Magen ist bei *Diodon* deutlich nachweisbar, da bei ihm der Magen allmählich in den Luftsack übergeht. Bei *Tetrodon* hingegen ist der Magen durch einen Ringmuskel vom Luftsack abgeschnürt. Fig. 11 und 12. (Nils Rosén Literatur-Nr. 13.)

10. Bei *Tetrodon*-Arten, die in Flüssen und an steilen Abhängen der Meeresküste leben, ist der Luftsack hochgradig zurückgebildet, da diese Fische nur selten dazu gezwungen sind, außerhalb des Wassers zu leben. Man sieht das Entstehen und Vergrößern des Luftsackes von *Triacanthus* bis *Diodon* Fig. 1—6. Das Vergehen bei *Tetrodon scleratus* Fig. 7 Seite 525.

11. Gleichzeitig mit dem Luftsacke wird auch sein „Pumpwerk“ zurückgebildet. Die breite Platte (Fig. 16, *1*) ist schon bei *Tetrodon rubripes* verkleinert (A), bei *Tetrodon scleratus* ist sie nicht mehr viel größer als bei einigen Balistiden (Fig. 15).

12. Bei *Diodon* ist die Wirbelsäule zwischen Hinterhaupt und Rückenflosse ganz besonders biegsam und so der Kugelform des Luftsackes angepasst. Hierzu sind die Dornfortsätze der Wirbel gegabelt. Sie bilden so eine Muskelrinne. Bei *Diodon* haben alle 10 Wirbel zwischen Hinterhaupt und Rückenflosse solche gegabelte Dornfortsätze Fig. 17 A. Bei *Tetrodon scleratus* und anderen *Tetrodon*-Arten mit zurückgebildetem Luftsacke ist nur die Hälfte dieser Wirbel an ihren Dornfortsätzen gegabelt.

13. Gegabelte Dornfortsätze kommen unter den Fischen nur bei den Kugelfischen und bei *Ortagoriscus* vor. Sie bilden daher

ein höchst wertvolles Merkmal zur Bestimmung fossiler Fischknochen.

Eine zusammenfassende Beschreibung derartiger Knochen aller Tiere ist als Leitfaden zur Bestimmung fossiler Knochen sehr wünschenswert.

14. Die Rückbildung der Flossenstrahlen bei den Haftkiefern, Schollen und vielen anderen Meeresfischen (Nr. 10) wurde durch Anpassungen an veränderte Lebensbedingungen und an veränderte Bodenverhältnisse hervorgerufen.

Zum Schluss erkläre ich hier ganz ausdrücklich: Ich behaupte in dieser Arbeit nicht, dass die Kugelfische vom *Monacanthus trossulus* abstammen, wohl aber, dass ihre Vorfahren ihm ähnlich waren. Ich fühle mich zu dieser Erklärung veranlasst, da mir schon einmal ein derartiger Stammbaum aufgebürdet wurde. Ich sollte behauptet haben, die Schollen stammen vom *Zeus faber* ab. Ich hatte jedoch ausdrücklich erklärt, dieses sei nicht meine Ansicht, sondern es ist anzunehmen, dass die Zeïden und Pleuronectiden dieselben Vorfahren hatten. Diese Annahme hat auch Boulenger (1) durch Auffinden fossiler Formen bestätigt. Auf Grund meiner und seiner Untersuchungen hat er die Fischarten *Zeus*, *Amphistium* und *Rhombus* in der Abteilung der *Zeo-Rhombi* zusammengestellt.

Die vorliegende Arbeit konnte ich nur mit Hilfe wohlwollender Kollegen zum Abschluss bringen. Ich sage daher meinen herzlichsten Dank den Direktoren der naturhistorischen Museen, die mir das wertvolle Material zu meinen Arbeiten lieferten, den Professoren Brauer-Berlin, Steindachner-Wien, Hertwig-München, Berg-Moskau, Hugh Smith-Washington. Außerdem meinen lieben Freunden Prof. Klunzinger-Stuttgart, Dr. Pappenheim-Berlin und den Herren Leonhardt und Schäme in Dresden.

Literatur.

1. Boulenger, G. A., Übersicht der Unterordnungen und Familien der Teleostier, Übers. von Hilgendorf. Arch. f. Naturgesch., Jahrg. 1904, Bd. 1, H. 2.
2. Bronn Lethaea, Geognost. Teil 5, p. 374. *Acanthapleur. ser.* Ag. Tafel XXXIII² Fig. 11, Kreideformation Glaris 2 Bruststacheln, 1 Rückenstachel m. folg. weich. Strahlen. Dieser Stachel bei einigen Arten gezähnelt. Ähnl. *Triac.* und *Bal. Acanthoderma* Ag. Taf. XXXIII² Fig. 8, Teil 5, p. 374. Ähnl. *Bal.* Kräft. Nackenstachel, 15—16 Wirbel. Selten.
3. Dönitz, Über die Gelenke der Rücken- und Afterflosse des *Tenties.* C. V. Arch. f. Anat. u. Physiol. u. wiss. Med. von Reich u. Dubois-Raymond. 1876, p. 210.
4. Ermann, Unsers. über d. Gase i. d. Schwimmblase u. s. w. Annal. d. Physik. Jahrg. 1808, S. 113—115.
5. Göppert, Ernst, Unters. z. Morph. d Fischrippen. Morphol. Jahrb. 1895.

6. Günther, A., Museum Godeffroy Fische der Südsee. Heft IX, 1875, Hamburg.
7. Derselbe, Handb. d. Ichthyol. Wien, Geraldsohn, 1886.
8. Hollard, M. A., Monogr. d. Balist. An. d. scienc. nat. Paris 1854. IV Serie Zool. Tome I.

Derselbe, Etudes sur les Gymnodontes et en particullier sur leur ostéologie et sur les indications qu'elle peut fournir pour leur Classifications. An. d. scienc. nat. Quatr. Serie Zoologie Tome III. 1857.

9. Klunzinger, C. B., Synopsis der Fische des roten Meeres. Abhandl. d. zool.-botan. Ges. in Wien, 1870.

Derselbe, Die Fische des roten Meeres. Stuttgart 1884. Schweizerbart.

10. Lütken, Dr. Chr., Spolia Atlantica. Bidrag tit Kundskab om Formforandringer hos Fiske. Vidensk. Selsk. Skr. 5 Raekke, naturwidenskabelig og mathematisk. Afd. XII 6 Kjobenhavn. Bianco Lunus 1880. Mit einem französ. Resumé.
11. Möbius, Carl, Beitr. z. Meeresfauna d. Insel Mauritius u. d. Sechellen. Berlin 1880.
12. Reuleaux, Franz, Kinematik im Tierreiche. Lehrb. d. Kinematik Bd. II. Braunscheig 1900, Vieweg u. Sohn.
13 Rosén, Nils, Studies on the Pleotognathes. Arkiv. för Zoolog. Upsala und Stockholm 1912 Almquist and Wiksels Boktryokeri A.—R.
14. Steindachner, Sitzungsber. d. Wiener Akademie 1863, Bd. LXVII, p. 133. *Calamostoma cranossae* Heckel. Natürl. Gr.
15. Sörensen, William, Om Oppustningsaecken has *Tetrodon* og Aanderaettet has Clarias Naturhistorick Tidskrift. 3 Raekke, Bd. 3, Kjobenhavn 1883.
16. Smitt, Prof. T. A., Stockholm. Skandinavien Fisher. Stockholm, Nordstedt, Berlin, Friedländer.
17. Thilo, Dr. O., Die Umbildungen an den Gliedmaßen der Fische. Morphol. Jahrb. 1896.
18. Derselbe, Die Entstehung der Luftsäcke bei den Kugelfischen. Anatom. Anz. 1899.
19. Derselbe, Die Vorfahren der Schollen. Bulletin de l'Académie Imp. des Sc. de St. Petersbourg. V. Ser. Bd. XIV, Nr. 3. 1901. Deutsch zu haben bei Friedländer u. Sohn in Berlin, Karlstr. Hiervon Referate in Zoolog. Anzeig. 21 April 1902. Biolog. Centralbl. 15. Nov. 1902.
20. Derselbe, Die Eingeweidebrüche der Schollen. Medizin. Naturwissenschaftl. Archiv. Wien, Urban u. Schwarzenberg. 1908.
21. Derselbe, Verknöcherte Schwimmblasen. Zoolog. Anzeig. 11. Febr. 1913, Nr. 7.
22. Williams, Stephen, Changes accompannying the Migrat. of the eye and observation the tract. opt. and tect obtic in Pseudopleuronect. americ. Bullet. of the Mus. of Comparat. Zoolog. at Harvard College. Vol. LX, Nr. 1. Cambridge Mass. U. S. A. May 1902.
23. Zigno, Mem., Soc. Ital. delle Scienze Napoli 1884, Vol. 40, 3 ser., Vol. VI Protobalistum Massalango. Vordere Rückenflosse mit 4—6 dicken langen Stacheln. Brustfl. 2 dornige Stacheln.
24. Zittel, Paläontologie I. Abt., Bd. 3, p. 258.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Biologisches Zentralblatt

Jahr/Year: 1914

Band/Volume: 34

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

Artikel/Article: Die Vorfahren der Kugelfische. 523-545