satz: »Über einige histologische Details von *Trichoplax adhaerens*« in der Zeitschr. f. wiss. Zool. 1903, Bd. 75, S. 430 geliefert hat, gibt meines Erachtens kein richtiges Bild von dem histologischen Bau der mittleren Schicht, welche nach Stiasny »ein dichtes Zelllager ohne Spalträume« sein soll. Die von mir l. c. beschriebenen Strukturverhältnisse lassen sich aber klar und deutlich beim lebenden Tier, besonders an den Umschlagstellen, bei starker Vergrößerung erkennen.

Daß die bräunlichen höckerigen Knollen, die schon durch v. Graff vermutete Bedeutung commensaler Zooxanthellen haben, scheint auch mir zweifellos.

Auf eine andre merkwürdige Bildung welche hier und da in der mittleren Schicht vorkommt und auch schon von Stiasny l. c. in seiner Schnittfigur gezeichnet, wenngleich nicht im Texte erwähnt ist, möchte ich spätere Untersucher des merkwürdigen Organismus aufmerksam machen. Es sind dies ellipsoide oder zitronenförmige Körper von der Größe der Knollen, welche ein ziemlich starkes Lichtbrechungsvermögen mit schwachem Glanze haben, sich aber insofern durch eine eigenartige Struktur auszeichnen, als sie deutlich eine spiralige schräge Streifung und einen angelagerten kleinen Zellkern zeigen.

4. Über die Augen der am Grunde der Gewässer lebenden Fische.

Von W. Harms.
(Aus dem Zoologischen Institut der Universität Marburg.)

(Mit 5 Figuren.)

eingeg. 7. Januar 1914.

Im Jahre 1906 hat Walter Volz eine Untersuchung über die merkwürdig gebauten Augen von *Periophthalmus* und *Boleophthalmus* veröffentlicht, die von L. Baumeister 1913 eine Nachuntersuchung am selben Material und Berichtigung erfahren haben. Die beiden genannten Fische gehören zur Gruppe der Gobiina (Schlammgrundeln). Sie leben am Ebbestrande, an Mündungen der großen Flüsse und dringen von da aus in deren Unterläufe ein. Sie können gleich Amphibien in der Schlammzone der Flüsse sich stundenlang in der Luft aufhalten.

Die Augen sind nun bei diesen Tieren merkwürdig gestaltet. Der Kopf zeigt auf der Stirnseite eine sattelförmige Einsenkung, auf deren Seiten sich die mächtigen Augäpfel gleich Glaskugeln hervorwölben und beträchtlich über die Oberfläche des Kopfes hervorragen. Nach Volz sollen sich diese Augäpfel ähnlich wie beim Frosch einziehen lassen. Da diese Tiere auch auf dem Lande nach Beute jagen, so spricht ihnen Volz einen ausgezeichneten Gesichtssinn zu.

Die Anatomie und Physiologie dieser Augen studierte er dann an konserviertem Material. Er kommt zu dem Ergebnis, daß die Cornea

(Fig. 1 *Co*), die hier eingezogen ist, sonst eine außerordentlich starke Wölbung zeigt und daß zwischen ihr und der Linse (*L*) ein großer Hohlraum liegt, der aber nicht der vorderen Augenkammer (*vk*) entspricht. An der Stelle, wo die Körperhaut in die Cornea übergeht, setzt sich ein Muskel (*Rt*) an, der als Zurückzieher des Auges dient und dabei die Cornea (Fig. 1) einfaltet. Von den übrigen Teleostiern ist die Sclera (*Sc*) und die damit verbundene Augenmuskulatur abweichend gebaut. Die Sclera wird nämlich von den das Auge umgebenden Gewebsteilen, mit dem sie sonst in engem Kontakt steht, unabhängiger. Nach vorn zu setzt sich der von Volz so genannte Scleralmuskel in eine die Iris und die Linse bedeckende, die Pupille vollständig abschließende Membran fort, die bindegewebig sehniger Natur sein soll und durchsichtig ist. Besonders auffällig ist weiter noch das Fehlen der Campanula Halleri.

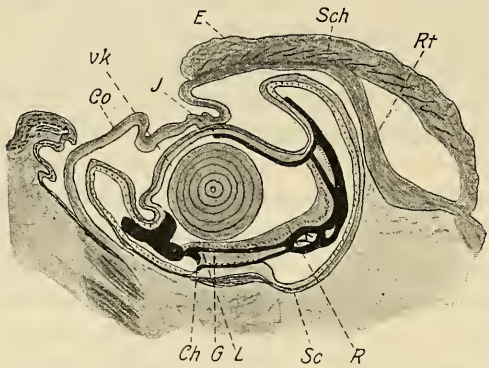

Fig. 1. Schnitt durch das Auge von *Boleophthalmus sculptus*, gez. n. W. Volz. *Ch*, Choreoidea; *Co*, Cornea; *E*, Körperepithel; *G*, Glandula choreoidalis; *J*, Iris; *L*, Linse; *R*, Retina; *Rt*, Musculus retractor; *Sc*, Sclera; *Sch*, Schuppe; *vk*, vordere Augenkammer.

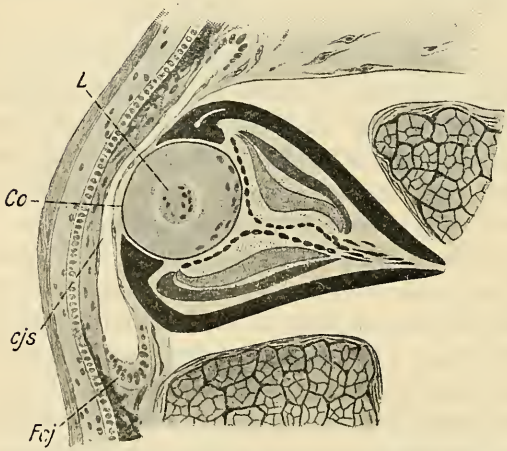

Fig. 2. Schnitt durch das Auge von *Rhinoplis planiceps* (n. L. Baumeister). Erklärung wie in Fig. 1.

Baumeister bestätigt im wesentlichen die Befunde von Volz, kommt aber betreffs der Deutung anatomischer Befunde und wie wir nachher sehen werden auch der Physiologie, zu andern Ergebnissen. Zunächst bemerkt er, daß die von Volz wiedergegebenen Figuren Schrumpfungserscheinungen an seinen Präparaten als sicher erscheinen lassen. Man bemerkt das besonders an den weiten Hohlräumen zwischen den einzelnen Augenhäuten und an

den stark gefalteten Hautschichten selbst. Auf Grund seiner Untersuchungen am *Rhinophis*-Auge (Fig. 2) und Nachuntersuchung an dem Volzschen Material kommt nun Baumeister zu abweichenden Deutungen der Volzschen Befunde. Die Volzsche Cornea (*Co*) entspricht nicht der gesamten Cornea des Fischauges, sondern nur deren oberflächlichen Partie. Er bezeichnet sie als Pars conjunctivalis nach der Beerschen Nomenklatur. Sie ist die direkte Fortsetzung der Körperhaut des Fisches. Die Retractoren der Cornea, die Volz aufgefunden hat, sind keine Muskeln sondern welliges Bindegewebe. Die die Pupille abschließende Endsehne des Scleralmuskels entspricht dagegen der Substantia propria (Beer) der Cornea. Der mächtige Hohlraum würde dann eine Art Conjunctivalsack (*cjs*) sein, wie er auch bei *Rhinophis* anzutreffen ist. Die Scleralmuskeln umhüllen zwar den ganzen Blubus, zerfallen aber in die gewöhnlichen Augenmuskeln, von denen nur ein schiefer nach Baumeister verkümmert ist. Sie können nicht dazu dienen die Linse zu regulieren, sondern besorgen nur die Bewegung des Bulbus.

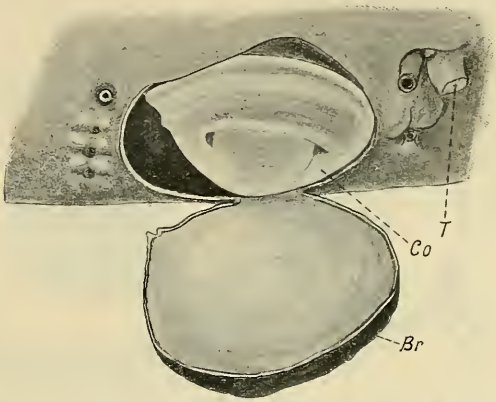

Fig. 3. Die Brille von *Lepadogaster* spec. ist durch einen circulären Schnitt seitlich heruntergeklappt. Man sieht das Auge in der Höhle frei liegen. Die Linse ist von der zweiten durchsichtigen Haut (Cornea) bedeckt. *Br*, Brille; *Co*, Cornea; *T*, abgeschnittener Tentakel.

Gelegentlich eines Aufenthalts auf der Insel Lanzarote im Herbste 1913 bemerkte ich nun zunächst an verschiedenen *Lepadogaster*-Species (zu den Gobiesociden gehörig) eigenartig gebaute Augen, die ohne weiteres einen Vergleich mit der Brille der Schlangen herausforderten. Später fand ich dann dieselbe Einrichtung bei den verschiedensten in der Ebbezone lebenden Gobiiden, ferner bei *Anguilla canariensis* und endlich auch bei einer scheinbar *Periophthalmus* verwandten Art selbst. Ähnliche Einrichtungen wurden dann auch bei den mir bis jetzt lebend zugänglich gewesenen Süßwassergrundfischen, *Cottus gobio* (Cottidae) und *Cobitis fossilis* und *barbatula* (Cyprinidae) gefunden. Untersucht man älteres Spiritusmaterial in Sammlungen, so ist meist die Brille mit der Cornea verklebt, und man gewinnt so keinen naturgemäßen Eindruck; ziemlich sicher habe ich die Brille bei *Scorpaena* und *Antennarius* feststellen können, so daß es sich hier scheinbar um eine allgemeine

Einrichtung der am Grunde lebenden Fische mit größter Wahrscheinlichkeit handeln wird.

Unbekannt mit den Befunden von Volz an *Periophthalmus*, fiel mir an *Lepadogaster* am lebenden Objekt besonders das Fehlen der Augenlidreste und die uhrschalenartig gewölbte durchsichtige Cornea oder Brille (Fig. 3 *Br*) auf. Bei näherer Besichtigung des lebenden Auges ergab sich dann, daß diese durchsichtige Hautschicht vollständig unbeweglich bleibt, wenn das sehr lebhaft spielende Auge darunter nach allen Seiten hin bewegt wird. Bei der Beobachtung am lebenden Objekt macht es den Eindruck als ob zwei Corneae vorhanden wären, eine äußere unbewegliche, der Brille der Schlangen entsprechende, und eine, die die Pupille von vorn her verschließt.

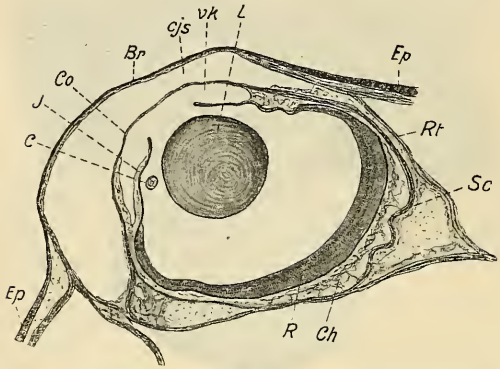

Fig. 4. Schnitt durch das Auge von *Lepadogaster* spec.

Die beiden Schichten sind derartig unabhängig voneinander, daß man durch einen kleinen seitlichen Einschnitt in die Brille das ganze Auge mühelos beim lebenden Tier herausziehen kann, ohne die Brille weiter zu verletzen. Auch eine Verheilung der Brille tritt in wenigen Tagen danach ein. Bei der Anfertigung von Schnittserien durch dieses Auge ergab sich nun eine auffallende Übereinstimmung mit demjenigen von *Periophthalmus*, der ja eine ähnliche Lebensweise hat wie die übrigen Grundfische. Wenn wir die beiden Figuren von Volz und die von *Lepadogaster* miteinander vergleichen, so stimmen sie in den wesentlichen Zügen vollständig überein. Der Hohlraum (Fig. 4 *cjs*) zwischen der Brille *Br* und dem Scleralfortsatz (*Co*) ist eher noch größer als bei *Periophthalmus*. Der von Volz sogenannte Cornealmuskel (*Rt*) ist ebenfalls zu erkennen, ich muß ihn aber mit Baumeister als eine bindegewebige Bildung ansprechen. Die Campanula Halleri (*C*), die bei *Periophthalmus* fehlt, ist immer wohl ausgebildet, ich habe sie bisher nur bei einem jungen Aal vermißt. Die Sclera (*Sc*) umhüllt auch hier das ganze Auge und bildet vorn (*Co*) einen durchsichtigen Verschluß der Pupille. Lidwülste wie sie bei *Periophthalmus* vorhanden sind, ließen sich hier wie auch bei *Anguilla* und *Cottus* nicht nachweisen. Wenn wir einen Blick auf die Figur von *Cottus gobio* (Fig. 5 *cjs*) werfen, so erkennen wir sofort, daß die Verhältnisse hier fast genau gleich liegen,

nur daß der Hohlraum sehr viel kleiner ist. Am lebenden Tier ist diese doppelte durchsichtige Bedeckung der Linse auch hier sehr schön zu erkennen. Zum Unterschied zu der Figur von Volz sei noch bemerkt, daß der Rand der Iris bei den von mir bisher untersuchten Fischen stets frei war. Vielleicht liegt bei *Periophthalmus* und *Boleophthalmus* nur eine Verklebung mit der Sclera infolge schlechter Konservierung vor. Wenn wir einen Vergleich dieser Augen mit den Schlangenaugen vornehmen, so würde die äußere uhrglasartig vorgewölbte Schicht, die ja dieselben Elemente in sich birgt wie die äußere Haut, als Brille zu bezeichnen sein. Die Brille der Schlangen ist allerdings aus den verwachsenen Augenlidern hervorgegangen; ob das auch hier zutrifft, mag

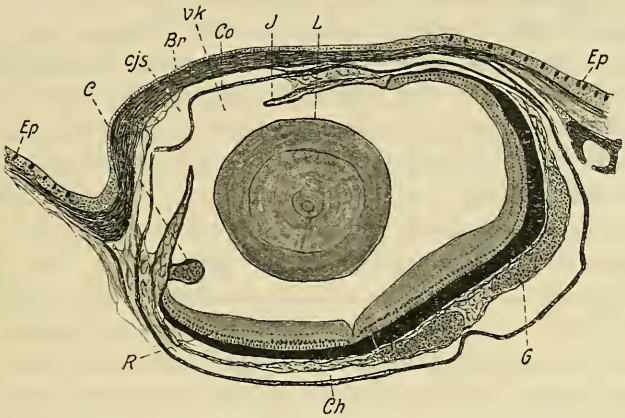

Fig. 5. Schnitt durch das Auge von *Cottus gobio*.
Erklärung der Bezeichnungen für Fig. 4 u. 5. *Br*, Brille; *C*, Campanula Halleri; *Ch*, Choreoidea; *cjs*, Conjunctivalsack; *Co*, Cornea; *Ep*, Körperepithel; *G*, Glandula choreoidalis; *J*, Iris; *L*, Linse; *R*, Retina; *Rt*, Musculus retractor (Bindegewebsstrang); *Se*, Sclera; *vk*, vordere Augenkammer.

dahingestellt bleiben, da wir die Entwicklung nicht kennen, jedenfalls fehlen die Lidwülste. Die zweite Schicht dagegen, die nach Volz die Endsehne des Scleralmuskels bildet, nach Baumeister und auch nach meinen eignen Beobachtungen die direkte Fortsetzung der Sclera nach vorn ist, würde der Cornea des Schlangenauges und überhaupt des normalen Auges entsprechen. Baumeister zögert, diesen Vergleich durchzuführen, weil an der Cornea (*Co*) das Epithel vermißt wird, was auch bei meinem gut konservierten Material zutrifft. Man kann daher auch annehmen, daß durch besondere Anpassungserscheinungen die beiden nur locker verbundenen Schichten der Fischcornea, die Substantia conjunctivalis und propria, sich in die beiden das Auge bedeckenden Schichten *Br* und *Co* differenziert haben. Mir scheint allerdings die erstere Deutung plausibler zu sein, da sich bei *Cottus* Fig. 5 in der ersten Haut (*Br*) die Schichten des Integuments deutlich ausgeprägt vorfinden.

Außerdem geht die sogenannte Cornea in ihrem Faserverlauf ohne Grenze in die Sclera über, wie das auch sonst bei der Cornea der Fall ist. Dagegen gehen keine durchlaufenden Fasern in die Brille hinein.

Was nun die physiologische Bedeutung dieser scheinbar weit verbreiteten Einrichtung anbetrifft, so ist der Hohlraum schon von Volz als ein Schutz gegen das Eintrocknen angesehen worden. Es soll eine »Art Wasserauge auf dem Lande sein«. Eine Anschauung, die auch Baumeister angenommen hat. Nach meiner Überzeugung ist diese Einrichtung des Conjunctivalsackes aus andern Gründen zustande gekommen. Da wir die Brille auch bei Fischen finden, die nicht aus dem Wasser herausgehen, so müssen primär wohl andre Ursachen für die eigenartige Gestaltung des Auges maßgebend gewesen sein. Wenn wir bedenken, daß alle diese Fische, die eine Brille besitzen, am Grunde der Gewässer, im Schlamm oder zwischen Felsen leben, wie *Lepadogaster*, so muß es natürlich von Vorteil sein, wenn das Auge in seinem Bewegungsspiel geschützt wird und unabhängig von der Körperbedeckung, in diesem Falle der Brille, erfolgen kann. Das ist im hohen Maße durch den mit Flüssigkeiten gefüllten Conjunctivalraum ermöglicht. Das Auge kann sich unbehindert um die umgebenden Steinchen oder Schmutzteile bewegen, ohne daß es in seinen Funktionen gestört wird, diese Beweglichkeit läßt sich bei *Lepadogaster*, der ja gewöhnlich zwischen Steinritzen festgeklebt sitzt, jederzeit außerordentlich deutlich erkennen. Außerdem bedarf das Auge bei diesen grundlebenden Formen noch eines besonderen Schutzes, auf der Flucht z. B. oder sonst sehr schneller Fortbewegung am Grunde oder zwischen Steinen, der durch den elastischen Conjunctivalsack im hohen Maße gewährleistet ist. Daß das Auge durch diese Einrichtung auch zum zeitweiligen Leben auf dem Lande befähigt, leuchtet ohne weiteres ein, denn es schützt vor dem Eintrocknen. Nicht nur *Periophthalmus* und *Boleophthalmus* begeben sich mit derartig gut angepaßten Augen aufs Land, sondern z. B. auch der Aal und vielleicht noch andre Grundfische.

Eingehender soll die Verbreitung dieser eigenartigen Augen noch an größerem Material bearbeitet werden, ebenso die morphologischen und physiologischen Verhältnisse.

Anschließend sei noch kurz über einige Experimente berichtet, die an *Lepadogaster candollii* (?) und verschiedenen Gobiiden unter natürlichen Bedingungen am Ebbestrande von Lanzarote angestellt wurden.

Da infolge der geschützten Lage des Auges eine Entfernung desselben wie auch eine Enucleation leicht gelingt, so reizte es, festzustellen, wie sich die vollständig pigmentlose, durchsichtige Brille diesem Eingriff gegenüber verhält.

Die Entfernung der Linse sowohl wie des ganzen Augapfels gelingt

leicht durch einen kleinen seitlichen Schnitt der Brille. Die kleine Wunde ist innerhalb von wenigen Tagen heil. Entfernt man die Linse allein, so bleibt die Brille in ihrer früheren gewölbten Form erhalten; bei der Entfernung des ganzen Augapfels dagegen sinkt sie etwas ein.

Derartige Operationen wurden am 17. und 19. September 1913 an verschieden großen Tieren vorgenommen, von Zeit zu Zeit wurde ein Tier konserviert, daneben aber auch die Tiere im Leben beobachtet. Schon nach wenigen Tagen ließ sich am lebenden Tiere feststellen, daß das Pigment von der umgebenden Haut in die Brille einwanderte, sowohl nach Enucleation wie Augapfelentfernung. Schließlich war nach 10—14 Tagen die ganze Brille mit Pigment durchsetzt. Es wandern bei Gobiiden hauptsächlich Melanophoren, bei *Lepadogaster* in der Hauptsache Xantophoren ein, die hier dann ebenso dicht liegen wie in der umgebenden Haut, aus der sie konzentrisch bis zur Mitte der uhrglasartigen Brille vordringen.

Diese Pigmenteinwanderung, die auch an Schnittserien bestätigt wurde, ist um so merkwürdiger als sonst ja allgemein gilt, daß beleuchtete Partien stärker pigmentiert sind als unbeleuchtete. Die Oberseite der Fische ist demgemäß dunkler als die Unterseite. Nun handelt es sich allerdings dort um auffallendes reflektiertes Licht, während die Brille infolge ihrer Durchsichtigkeit durchfallendes Licht erhält. Enucleiert man, so ist ja trotzdem noch die Möglichkeit vorhanden, daß Licht durchfällt, da Brille und Auge erhalten bleiben, nur die Sehfähigkeit wird gehindert. Entfernt man das Auge nur an einer Seite, oder auch nur die Linse, so wird nur die Brille dieses Auges pigmentiert.

Es muß also wohl die Störung der Funktion für diese Pigmenteinwanderung verantwortlich gemacht werden. Der Vorgang kann vielleicht als ein metaplastischer aufgefaßt werden, indem die Brille wieder infolge Funktionsänderung den Charakter der äußeren Haut annimmt.

Literatur:

Baumeister, L., Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Rhinophiden. Zool. Jahrb. Bd. 26. Anat. 1908.

——, Die Augen der Schlammspringer (*Periophthalmus* und *Boleophthalmus*). Bemerkungen zu dem von W. Volz verfaßten usw. Zool. Jahrb. Bd. 35. Anat. 1913.

Beer, Th., Die Accommodation des Fischauges. Arch. d. ges. Physiol. Bd. 58. 1894.

Berger, E., Beiträge zur Anatomie des Sehorgans der Fische. Morphol. Jahrb. Bd. 8. 1883.

Volz, W., Zur Kenntnis des Auges von *Periophthalmus* und *Boleophthalmus*. Zool. Jahrb. Bd. 22. Anat. 1905.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Zoologischer Anzeiger

Jahr/Year: 1914

Band/Volume: 44

Autor(en)/Author(s): Harms W.

Artikel/Article: Über die Augen der am Grunde der Gewässer lebenden Fische. 35-41