© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

forschung vor; sie gehört der teleologischen Betrachtungsweise des menschlichen Geistes an, die sich ihrerseits durchaus nicht auf die Organismen einschränken lässt, sondern sich auf die ganze Natur erstreckt." Dabei mag dann aber bemerkt werden, dass man diese Betrachtungsweise bei den Wissenschaften der nichtlebenden Natur, bei Physik, Chemie u. s. w. sorgfältig beiseite lässt. Ich weiß sehr gut, dass es viel schwieriger ist, solches in den biologischen Wissenschaften zu tun, aber in letzter Instanz werden wir doch auch dort einzig und allein durch Erforschung von kausalen Zusammenhängen der Wahrheit etwas näher kommen, und alles andere im Gebiet der Phantasiegebilde verweilen lassen müssen.

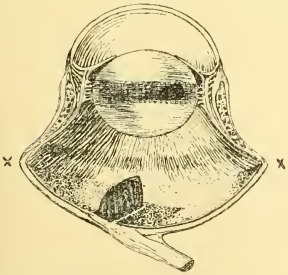
Utrecht, Oktober 1906.

Bau des Eulenauges und Theorie des Teleskopauges.

Von Dr. V. Franz (Helgoland).

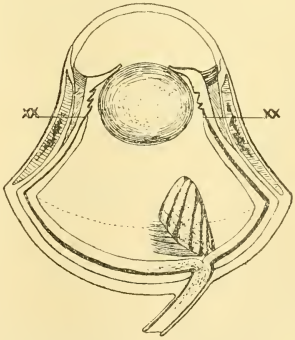
Obwohl wir bereits dem alten Soemmering[1]) eine treffliche Abbildung des Eulenauges verdanken, gibt doch Wiedersheim in seiner Vergleichenden Anatomie eine bei weitem minder gute Figur, die auch in R. Hertwig's Lehrbuch der Zoologie übergegangen ist.

Fig. 1.



Soemmering's Abbildung des Auges von *Strix bubo*.
Bei × Grenze der Retina.

Fig. 2.



Wiedersheim's Abbildung des Auges eines Nachtraubvogels.
Bei ×× Grenze der Retina.

Beide Abbildungen habe ich möglichst genau nachgezeichnet und in Fig. 1 und 2 nebeneinander gestellt.

Der von Wiedersheim gegebenen Zeichnung mag schließlich die Soemmering'sche zugrunde liegen; indessen haften ihr einige

1) D. W. Soemmering, De oculorum hominis animaliumque sectione horizontali. Göttingen 1818.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Ungenauigkeiten und Fehler an. Nicht nur, dass die Augenhäute, ja überhaupt alle Teile mit Ausnahme etwa der Linse und des Sehnerven viel zu plump und dick wiedergegeben sind. Das mag einer weitgehenden Schematisierung und Verdeutlichung der tatsächlichen Verhältnisse zugute gehalten werden, wie sich dieser Mangel auch am Fischauge und am Menschenauge bei Wiedersheim findet. Schwerer wiegend scheint es mir, dass die Linse im Auge ohne erkennbare Befestigung schwebt, während sie in Wirklichkeit von den Ciliarfortsätzen gehalten wird — wie auch Soemmering richtig zeichnet. Vor allem aber ist die Retina falsch dargestellt. Sie reicht in Wiedersheim's Zeichnung bis in die Höhe der Linse empor (×× in Fig. 2), bei Soemmering nur bis an die kantige Sklera-Umbiegung, die dem Eulenauge eigentümlich ist (× in Fig. 1).

Wenn hierin Wiedersheim im Recht wäre, so wäre diese Tatsache enorm interessant und verdiente ganz besonders hervorgehoben zu werden. Von vornherein erscheint sie jedoch sehr unwahrscheinlich. Die Retina würde dann an der Bulbuskante eine knickförmige Umbiegung machen. Dieser Fall dürfte im Tierreiche sonst wohl kaum wiederkehren, und die Bedeutung einer solchen Gestaltung würde auch kaum zu erklären sein — obschon keineswegs alle Netzhautteile in „Bildweite" von der Linse liegen müssen.

Daher schien mir die Frage der Nachuntersuchung wert. Ich durchschnitt also zwei Augen von *Athene noctua*, dem Steinkauz, und fand Soemmering's Zeichnung bestätigt, Wiedersheim's dagegen nicht. Wie Fig. 3 und 4 zeigen, reicht nämlich die Retina bis an die Bulbuskante, genauer gesagt, nur ein klein wenig darüber.

Bezüglich des Details in den Zeichnungen sei folgendes bemerkt.

Beide Zeichnungen sollen darstellen, was man makroskopisch beim Einblick in den halbierten Bulbus sieht. Doch sind alle Schattierungen absichtlich fortgelassen. Bei einer naturgetreuen Wiedergabe der Helligkeitsdifferenzen hätten die tiefschwarz pigmentierten Teile (Corpus ciliare, Iris, Pecten) nur ganz undeutlich ausfallen können.

Die Linse habe ich im einen Auge in der Form, wie sie sich aus Fig. 3 ergibt, vorgefunden. Sie hat also am hinteren Pol eine ziemlich erhebliche Vorwölbung. Im anderen Auge findet sich sogar außerdem ein kleiner Buckel am vorderen Linsenpol. Ob dies Kunstprodukte sind, weiß ich nicht. Im allgemeinen konserviert die angewandte Flüssigkeit (Formolessigsäure) die Linse ganz gut. Rabl[1]), der viele Linsen von Vögeln untersucht hat, zeichnet die Linse von *Athene noctua* ohne diese Vorwölbungen; doch finden

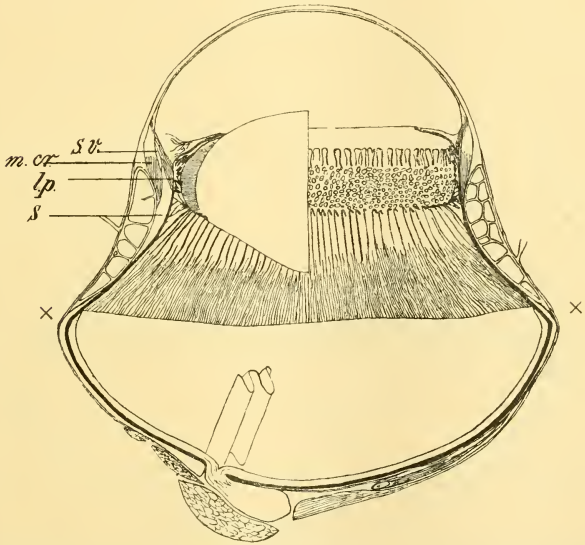
1) C. Rabl, Über den Bau der Linse, II. Teil, Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 65.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

sich solche nach ihm bei einer ganzen Reihe von Vögeln, z. B. beim Hühnerhabicht. Dass nicht alle von Rabl gezeichneten Linsen der Wirklichkeit entsprechen können, ergibt sich aus seinen Abbildungen der Linsen von *Alauda arvensis* und *Hirundo rustica*. Bei diesen sind nämlich die Linsen vorn und hinten durch zwei planparallele Flächen begrenzt; solche „Linsen" aber können keine dioptrische Wirkung haben.

Für sicher halte ich, dass die Linse in Fig. 3 höchstens die Form der entspannten Linse hat. Dadurch erklären sich nämlich

Fig. 3.



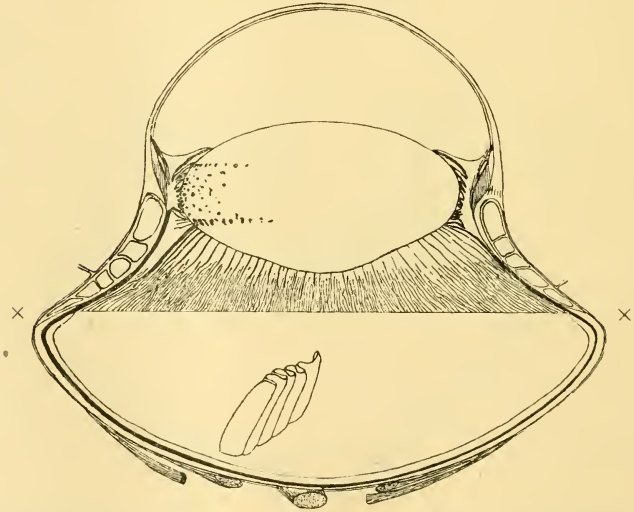
Vertikalschnitt durch das Auge von *Athene noctua*. Bei × Grenze der Retina. 4,5mal vergrößert.

einige Kunstprodukte in den Präparaten. Indem sie sich postmortal entspannte, ohne dass gleichzeitig ihre Befestigungsvorrichtung, das Corpus ciliare, nachgab, riss sie das ganze Corpus ciliare von der äußeren Augenhülle (Sklera und Cornea) ab, so dass zwischen beiden ein Spalt (Fig. 3 *s*) entstand. Dieser Spalt ist nämlich wegen seiner Größe zweifellos als Kunstprodukt zu betrachten und darf nicht mit dem Perichorioidealraum verwechselt werden. Gleichzeitig riss die Iris von der Cornea-Skleraverbindung ab, weshalb ihr äußerer Rand aufgefasert erscheint (s. Fig. 3 links). Das Ligamentum pectinatum (*l. p.*), dicht neben dem Sinus venosus

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at
Schlemmii (*S. V.*) gelegen, erscheint hier als ein spongiöses Faserwerk (Fig. 3 links); es ist aber fraglich, ob dies nicht auch eine Folge der postmortalen Zerreißungen ist; vielleicht ist in Wirklichkeit nur ein mit der Iris und der Cornea in fester Verbindung stehender solider Fasernkranz vorhanden.

Alle diese Kunstprodukte scheinen mir auch von Soemmering gezeichnet zu sein. Gar kein Zweifel besteht, dass Beer in seinen Tafeln, die die Linsenbefestigung des Eulenauges zeigen sollen[1]), auch diese Kunstprodukte wiedergegeben hat. Denn hier steht die Iris in keiner Verbindung mit der Sklera, ebenso wie bei mir in der

Fig. 4.



Horizontalschnitt durch das Auge von *Athene noctua*. Bei × Grenze der Retina. 4,5mal vergrößert.

linken Hälfte der Fig. 3. (Beer's Ergebnisse über den Akkomodationsvorgang dürften durch diese Unrichtigkeit nicht wesentlich an Gültigkeit verlieren.)

In der rechten Hälfte der Fig. 3 ist das Corpus ciliare in derjenigen Lage zur Cornea und Sklera dargestellt, die wahrscheinlich die normale ist. Ebenso in Fig. 4, wo auch die Linse in etwas gespannter, abgeplatteter Form gezeichnet wurde, wie sie im Ruhezustande des Akkomodationsapparates etwa aussehen dürfte.

1) Th. Beer, Studien über die Akkomodation des Vogelauges. Pflüger's Arch. Bd. 53, 1896. Besonders Taf. VI u. VII.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Die Form der Ciliarfortsätze ist aus Fig. 3 rechts und Fig. 4 zu ersehen. Nach Entfernung der Linse (Fig. 3 rechts) erscheint das Corpus ciliare in der der Linsenperipherie anliegenden Zone mit Ciliarfortsätzen dicht benagelt. Sie berühren alle die Linse, Reste von ihnen haften auf der Linsenoberfläche in Fig. 4.

Das Pecten besteht aus einem in fünf Falten gelegten Blatte (Fig. 4). In Fig. 3 ist es gleich dem Sehnerven durch den Messerschnitt etwa halbiert. Die Eintrittstelle des Sehnerven in die Netzhaut ist in Fig. 4 nicht zu sehen, weil sie offenbar vom Pecten überdeckt wird.

Über die Chorioidea, die Sklera mit dem Skleraknochen, die Cornea mit ihren beiden für das Vogelauge charakteristischen Lamellen, den Crampton'schen Muskel und den Circulus venosus, über die Augenmuskeln etc. ist nichts Neues zu bemerken. Alle die genannten Teile sind in die Figuren eingezeichnet. —

Das geringe Übergreifen der Retina über die Bulbuskante hinweg auf die Seitenwand des Bulbus wird von funktioneller Bedeutung schwerlich sein. Abgesehen hiervon erscheint uns die Krümmung der Retina durchaus gewöhnlich und biologisch verständlich.

Eine andere Frage ist es mit ihrem Umfang, der gegenüber dem normalen Verhalten beträchtlich verkleinert ist. Merkwürdig gestaltet ist auch der Ciliarkörper. Soemmering hat ganz recht, wenn er sagt „corona ciliaris latissima"; tatsächlich scheint das Corpus ciliare außerordentlich verbreitert, oder nach der Hornhaut hin verlängert, wie man sich ausdrücken will. Verlängert erscheint aber auch die anliegende Augenwand, das ganze vordere Augensegment erscheint „fernrohrartig ausgezogen", wie Wiedersheim sagt.

Ich sage sogar, wir haben in dem Eulenauge ein echtes Teleskopauge vor uns, wie bei manchen Tiefseeteleostiern und Tiefseecephalopoden, und meine, es handle sich hier um eine Konvergenzerscheinung erster Qualität.

Damit behaupte ich, die Ähnlichkeit zwischen dem Eulenauge und den gleichfalls teleoskopartig ausgezogenen Augen der Tiefseetiere sei nicht eine „zufällige", sondern sie beruhe, wenn auch nicht auf gleichen, so doch auf ähnlichen Lebensbedingungen und Lebenserfordernissen. Es ist ein Parallelismus zwischen Form und Funktion, wie er ja in sehr vielen Fällen zum Ausdruck kommt.

Welches sind denn nun die ähnlichen Lebensbedingungen, denen sich das Auge der Nachtvögel in gleicher Weise wie das der Tiefseetiere (Fische und Cephalopoden) anpassen musste, um den Kampf ums Dasein zu bestehen?

In meiner Bearbeitung der Selachieraugen[1]) bin ich schon in

1) V. Franz, Zur Anatomie, Histologie und funktionellen Gestaltung des Selachierauges. Jenaische Zeitschrift Bd. 40, 1905, S. 825.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

allergrößter Kürze darauf eingegangen. Hier will ich nochmals auseinandersetzen,

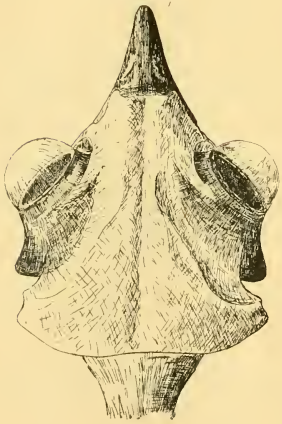
1. worin die morphologischen Ähnlichkeiten zwischen dem Eulenauge und dem Teleskopauge der Tiefseetiere bestehen.

2. welche Bedingungen bei Tiefseetieren dem Auge die Teleskopgestalt aufzwingen,

3. inwiefern Bedingungen und Erfolg beim Eulenauge die gleichen sind wie beim Fischauge.

1. Über die morphologischen Ähnlichkeiten kann ich mich kurz fassen. Sie sind anerkannt. Das wichtigste ist die „Röhrenform", die „Teleskopform" oder wie man sich ausdrücken mag. Eine weitere Übereinstimmung besteht in der Lage und Richtung des Auges. Beide Augen sind bei der Eule (Fig. 5) stark nach vorn, bei Tiefseefischen und -cephalopoden sogar einander parallel gerichtet, während sie sonst bei Vögeln und Fischen stark seitwärts gerichtet sind; und ebenso wie das Teleskopauge bei Fischen und Cephalopoden aus dem Körper weit hervorsteht, ist auch das Eulenauge eigentlich nur zur Hälfte im Kopfe gelegen (Fig. 5). Außerdem ist die Linse beim Eulenauge stark gewölbt, bei den Tiefseeaugen sogar kugelig, und die Hornhaut ist bei der Eule stark gewölbt, ähnlich wie bei Tiefseefischen und -cephalopoden. Nebensächlich sind einige Unterschiede: z. B, dass das Eulenauge durch Drehung des ganzen Bulbus in die Vorwärtsrichtung gestellt ist, das Teleskopauge der Tiefseefische aber, wie Brauer[1]) überzeugend nachweist, durch seitliches Auswachsen bezw. durch entsprechendes Aufwärtswachsen bei denen, welche aufwärts gerichtete Augen besitzen. Nebensächlich ist ferner, dass Iris und Retina im Eulenauge nicht so stark rück- bezw. umgebildet sind wie bei Tiefseetieren.

Fig. 5.



Kopf der Waldohreule (*Otus vulgaris*), abgebalgt. Natürl. Größe.

2. Die Bedingungen, welche dem Auge die Teleskopform aufzwingen, sind meines Erachtens von den Bearbeitern der Cephalopoden und Fische noch nicht richtig erkannt. Und doch sind sie

1) A. Brauer, Über den Bau der Augen einiger Tiefseefische. Verh. d. Deutsch. Zool. Gesellsch., 11. Vers., 1902.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

wenigstens bei den Fischen leichter zu durchschauen als bei anderen Tieren mit Teleskopaugen. Ja wir müssen geradezu sagen, das Teleskopauge der Tiefseefische erschließt uns das Verständnis für die Teleskopaugen anderer Tiere, und zwar deshalb, weil vom Fischauge gewisse physikalische Daten feststehen. Ein etwas genaueres Eingehen auf den physikalisch-optischen Bau des Fischauges wird daher erforderlich sein, um schließlich auch den Bau des Eulenauges zu verstehen.

Es ist nicht genug zu rühmen, dass ein Physiker, L. Matthiessen, die Dioptrik tierischer Augen eingehend erforscht und in einer Reihe von Arbeiten behandelt hat[1]). Ihm verdanken wir u. a. die Erkenntnis, dass Form und relative Brechkraft (d. h. ihre Brennweite im Verhältnis zum Durchmesser der stets kugeligen Linse) bei Fischen konstant sind. Bei allen untersuchten Fischaugen hat daher das Verhältnis des Netzhautabstandes vom Linsenzentrum zum Linsenradius einen konstanten Wert und beträgt, von ganz geringfügigen Abweichungen abgesehen, nach Matthiessen 2,52. Worauf diese merkwürdige Konstanz beruht, das, meine ich[2]), kann man sich leicht denken, wenn man beachtet, dass diese Konstanz der Eigenschaften gerade bei Fischen, also bei den Tieren erreicht wird, welche als Wassertiere stark gewölbter Linsen und stark brechender Linsensubstanz am dringendsten bedürfen. Der Organismus schafft also, was er kann, mehr zu erreichen ist ihm aus inneren Gründen nicht möglich. Die in ihm liegende Potenz nützt er voll aus. Die kugelige Linse ist eben die stärkstgewölbte, die möglich ist, weil die festweiche, von einer elastischen Membran umspannte Linse naturgemäß nach der Kugelform strebt und ihre Abplattung bei anderen Tieren wohl stets in der peripheren Aufhängung an der Zonula Zinnii ihre primäre, wenn auch mechanisch oder vielleicht erblich fixierte Ursache hat. Und der Brechungsindex der Fischlinse ist wohl der höchste, den der Organismus aufzubringen vermag. Andere Tiergruppen, vielleicht die Arthropoden, bei denen Chitinsubstanzen verwendet werden, mögen ja stärker brechende Körper aufzubringen imstande sein. Die Zellen des Stratum corneum in der Haut des Menschen brechen das Licht gleichfalls stärker als Fischlinsen, doch wohl auf Kosten ihrer Durchsichtigkeit.

1) Siehe besonders: L. Matthiessen, Über die Beziehungen, welche zwischen dem Brechungsindex des Kernzentrums der Kristallinse und den Dimensionen des Auges bestehen. Pflüg. Arch Bd. 27, 1882. — Ders.: Über den physik.-opt. Bau des Auges der Cetaceen und Fische. Ibid. Bd. 38, 1886; Fortsetzung, ibid. Bd. 39, 1886. — Ders.: Die neueren Fortschritte in unserer Kenntnis von dem optischen Bau des Auges der Wirbeltiere, in Beitr. z. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorg., Festschr. f. Helmholtz, Leipzig und Hamburg 1891. — Ders.: Beiträge zur Dioptrik der Kristallinse, VI. Zeitschr. f. vgl. Augenheilk., Bd. 5, 1893.

2) l. c. S. 784 ff.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Diese Erwägungen ermächtigen uns, die von Matthiessen an einigen Fischaugen gefundene Proportion bei den Augen anderer Fische zu postulieren. Die Fischlinse muss also stets einen ganz bestimmten Brechwert oder „Totalindex" haben und zwar einen solchen, dass sie bei einem Radius r die Lichtstrahlen in etwa $2{,}25 \cdot 2r$ mm Abstand von ihrem Zentrum sammelt. Etwa sage ich, denn Matthiessen's Ermittelungen lag die Annahme, dass die Fische emmetrop sind, zugrunde, während später ihre Kurzsichtigkeit erwiesen wurde. Indessen genügt eine sehr geringe Retraktion der Linse, um das im Ruhezustande kurzsichtige Fischauge auf Unendlich einzustellen, Matthiessen's Ergebnis wird also nicht wesentlich durch die eine falsche Voraussetzung alteriert.

So konnte ich auch Matthiessen's Ergebnis für das Selachierauge bestätigen, indem ich zwar nicht den Wert 2,52, aber 2,4 als Durchschnittswert für dieses Verhältnis fand; genug der Übereinstimmung, da ich nur fixierte Augen untersuchte. Es ist natürlich klar, dass dieser Durchschnittswert nicht genau genug ist, um ein Urteil darüber zu gestatten, ob die Selachier emmetrop, kurzsichtig oder weitsichtig seien. Er besagt aber, dass der Netzhautabstand von der Linse ein normaler ist, dass der Fisch deutliche Bilder aus den für Fische normalen Entfernungen empfangen kann, und im Falle einer Akkomodationsfähigkeit aus verschiedenen Entfernungen, wie die Teleostier.

Das gleiche Verhältnis gilt, wie von vornherein zu erwarten war, für die Teleskopaugen der Tiefseefische, und zwar genauer gesagt für die Hauptretina in diesen Augen, während die Nebenretina der Linse sehr viel näher liegt. Ich habe dies ermittelt, indem ich in den Zeichnungen, die Brauer in seinen bekannten wertvollen Mitteilungen[1]) gibt, Linsenradius und Netzhautabstand (Stäbchenschicht) maß, ihr Verhältnis (Netzhautabstand durch Linsenradius dividiert) berechnete und den Durchschnittswert dieses Verhältnisses ermittelte. Die Werte sind in der folgenden Tabelle enthalten.

Name	Linsenradius (mm)	Abstand der Netzhaut[2]) vom Linsenzentrum (mm)	Verhältnis des Netzhautabstandes zum Linsenradius
Argyropelecus affinis . .	2,4	5,8	2,4
Gigantura chuni	2,2	6 5	3,0
Dissomma	3,6	8,9	2,4
Dolichopteryx	3,3	7,0	2,1
Odonthostomus hyalinus .	3,8	8,4	2,2
		Mittel:	2,5

1) A. Brauer, Über einige von der Valdiviaexpedition gesammelte Tiefseefische und ihre Augen. Sitz.-Ber. d. Ges. z. Bef. d. ges. Naturw. Marburg 1901. — Ders., l. c.

2) Leider enthält meine frühere Untersuchung (l. c. S. 759) einen störenden

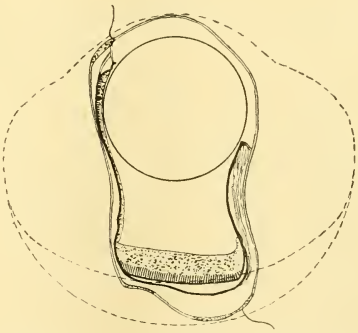
© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Der Durchschnittswert ist also 2,5, mithin nicht anders als bei anderen Fischen. Mehr als eine durchschnittliche Übereinstimmung darf man wohl keineswegs verlangen, da die einzelnen Werte nur an Zeichnungen ermittelt sind, die nach fixiertem Material hergestellt wurden[1]).

Dieser Zahlenwert beweist, dass die Teleskopaugen der Tiefseefische gleich den Augen der Flachseefische auf deutliche Sehweite eingestellt sind.

Brauer allerdings, in Anlehnung an Chun's Ansicht über das Sehen der pelagischen Tiefseekrebse, meint, „infolge der großen Tiefe des Auges“[2]) müssten Zerstreuungskreise auftreten, die für das Sehen in großen Meerestiefen nützlich seien. Aber das Teleskopauge hat gar keine große Tiefe, die Tiefe ist nicht größer als bei anderen Fischaugen, es erscheint nur tiefer, weil zwischen Cornea und Augengrund nicht die gewöhnliche seitliche Ausbauchung vorhanden ist, sondern ein röhrenförmiges Stück. Würde man in einer Brauer'schen Zeichnung der Röhre seitliche Ausbauchungen ansetzen, so erhielte man die Umrissform eines normalen Fischauges, nicht aber ein Auge von großer Tiefe. Man erkennt das aus Fig. 6, in welcher ich den schematischen Umriss eines normalen Fischauges auf eine Brauer'sche Zeichnung projiziert habe.

Fig. 6.



Teleskopauge von *Argyropelecus affinis*, nach Brauer. In punktierter Linie ist darauf der Umriss eines normalen Fischauges projiziert.

Hiermit soll keineswegs gesagt sein, dass das Teleskopauge der Fische etwa durch Wegschneidung der seitlichen Ausbauchungen entstanden sei.

Wie es entwickelungsgeschichtlich entsteht, hat ja Brauer aufs trefflichste gezeigt.

Druckfehler, indem in der entsprechenden Tabelle für Selachier an dieser Stelle Netzhautzentrum statt Netzhaut steht.

1) Ich (l. c. S. 825) gab früher den Wert 2,4, nicht 2,5 für die Teleskopaugen an, weil ich das Auge von *Bathytroctes* wegen seiner noch stark an das Seitenauge erinnernden Gestalt nicht mit eingerechnet hatte. Natürlich ist dies ganz ohne Belang.

2) l. c. (Verhandl. 1902) S. 44.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Warum aber die Röhrenform? Es ist nach dem Voraufgegangenen klar, dass einfach eine falsche Problemstellung vorliegt, wenn man die große Tiefe der Augen erklären will. Die Tiefe des Auges als solchen ist normal, man muss vielmehr suchen, das Fehlen der seitlichen Ausbauchungen zu erklären. Denn ein Auge ohne seitliche Ausbauchung zu schaffen, das war, in der bequemen teleologischen Ausdrucksweise gesagt, der offenbare Zweck der Natur, den sie beim Fischauge auf die von Brauer beschriebene Weise erreichte.

Hier ist zu bedenken, dass unter den Fischen nur Tiefseefische die röhrenförmigen Augen besitzen, und zwar stets nur recht kleine Formen. (Schluss folgt.)

Die biologische Bedeutung des Silberglanzes in der Fischhaut.

Von Dr. V. Franz (Helgoland).

Für sehr dankenswert halte ich die in M. Popoff's Aufsatz „Fischfärbung und Selektion" (Biol. Centralbl. 1906, S. 272—282) gegebene Anregung, einmal die Farben der Fische und insbesondere den so weit verbreiteten Silberglanz ihrer Bauchseite unter dem Gesichtspunkte der Zweckmäßigkeit zu betrachten. Für sehr dankenswert halte ich auch den Hinweis dieses Autors auf die eigentümlichen Sehverhältnisse der Fische und auf die Beleuchtungsverhältnisse des Wassers; beides wichtige Momente, deren Berücksichtigung bei einem Versuche, die Fischfärbung biologisch zu erklären, wohl unumgänglich nötig ist.

Die Sehverhältnisse der Fische betreffend meint Popoff sehr einleuchtend, die seitliche Stellung der Augen, die Unbeweglichkeit des Kopfes, die nicht besonders große Beweglichkeit der Augen und das Wasserleben bringen es mit sich, dass die Fische die Wasseroberfläche und die höheren Wasserschichten immer nur unter einem gewissen Winkel sehen. Und für das Aussehen der Wasseroberfläche kommen, worauf gleichfalls Popoff hinweist, nicht direkt die in das Wasser eindringenden Sonnenstrahlen in Betracht, sondern die, welche in das Wasser eingedrungen sind und dann durch die im Wasser suspendierten Partikelchen aufwärts reflektiert werden. Diese nämlich und nur diese sieht der Fisch an der Oberfläche des Wassers gespiegelt, weil er die Oberfläche nur unter einem Winkel sieht, bei dem die Erscheinung der Totalreflexion auftritt.

Weiter meint Popoff, ein Fisch werde stets nur den Bauch und die Seiten der von ihm verfolgten Beutefische zu sehen bekommen, denn „die in der gleichen Wasserschicht schwimmenden

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Biologisches Zentralblatt

Jahr/Year: 1907

Band/Volume: 27

Autor(en)/Author(s): Franz Viktor

Artikel/Article: Bau des Eulenauges und Theorie des Teleskopauges. 271-278