

Werk

Titel: Zur Theorie des Teleskopauges

Untertitel: Schluß folgt

Autor: Franz , V.

Ort: Braunschweig

Jahr: 1907

PURL: https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?385489110_0022 | LOG_0326

Kontakt/Contact

[Digizeitschriften e.V.](#)
SUB Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen

✉ info@digizeitschriften.de

Naturwissenschaftliche Rundschau.

Wöchentliche Berichte

über die

Fortschritte auf dem Gesamtgebiete der Naturwissenschaften.

XXII. Jahrg.

15. August 1907.

Nr. 33.

Zur Theorie des Teleskopauges.

Von Dr. V. Franz (Helgoland).

(Originalmitteilung¹).

„Teleskopaugen“ sind eigentümlich umgebildete röhrenförmige Augen, die in erster Linie bei einer Anzahl von Tiefseefischen, demnächst bei Tiefseekephalopoden vorkommen. Sie haben trotz ihres Namens mit Teleskopen eigentlich nicht viel zu tun, denn sie unterscheiden sich vom normalen Wirbeltier- bzw. Kephelopodenauge, wie ein Vergleich von Fig. 1 und 2 lehrt, nur durch die Form des Bulbus,

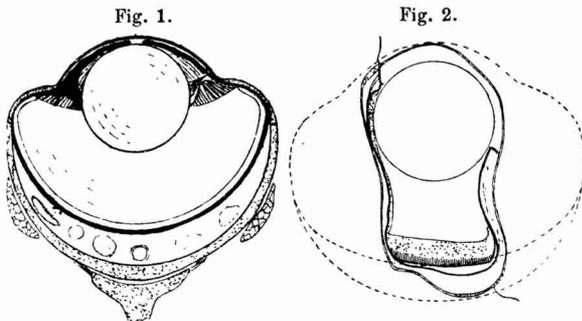


Fig. 1. Auge von Squatina im Durchschnitt.

Fig. 2. Teleskopauge von Argyropelecus (nach Brauer), darauf ist der schematische Umriss eines normalen Fischauges mit gleich großer Linse projiziert.

nicht aber durch die Anordnung des dioptrischen Apparats. In physikalisch-optischer Beziehung sind also die sog. Teleskopaugen gleich den normalen

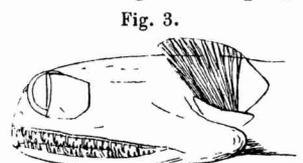


Fig. 3. Kopf des Tiefseefisches Gigantura chuni mit Teleskopauge (nach Brauer).

Augen mit einer photographischen Kammer zu vergleichen und nicht mit einem Teleskop. Was ihnen den Namen Teleskopauge eingebracht hat, dürfte vor allem die Stellung der Augen am

Augen mit einer photographischen Kammer zu vergleichen und nicht mit einem Teleskop. Was ihnen den Namen Teleskopauge eingebracht hat, dürfte vor allem die Stellung der Augen am

Tierkörper sein, die außerordentlich auffällig ist und sofort an das äußere Aussehen eines Opernguckers erinnert. Beide Augen sind nämlich stets einander parallel gerichtet, bald nach vorn (Fig. 3), bald nach oben (Fig. 4).

Bei einem derartig abnorm gestalteten Augentypus, der bei Tiefseetieren aus ganz verschiedenen Tierklassen auftritt, wird man keineswegs im Zweifel sein, daß die veränderten Lebensbedingungen der Tiefsee als letzte Ursache der Umgestaltung zu gelten haben. Welches sind aber im einzelnen die zu den merkwürdigen Augenformen führenden Bedingungen und Ursachen?

Betrachten wir zunächst den dioptrischen Apparat des Teleskopauges. Wir erwähnten soeben schon, daß die Anordnung dieses Apparates im Teleskopauge ganz dieselbe ist wie im normalen Auge. Aber noch viel größeres Erstaunen wird es vielleicht erwecken, daß auch die numerischen optischen Konstanten des Teleskopauges bei Tiefseefischen dieselben sind wie im normalen Fischauge. Die extrem veränderten Lebensbedingungen der Tiefsee haben also weder zu qualitativen, noch zu quantitativen Änderungen des dioptrischen Systems des Fischauges Anlaß gegeben. Man kann diese Behauptung, auch ohne die Linse, den Glaskörper usw. des Teleskopauges optisch untersucht zu haben, dennoch beweisen, und zwar auf Grund der Dimensionen des Auges.

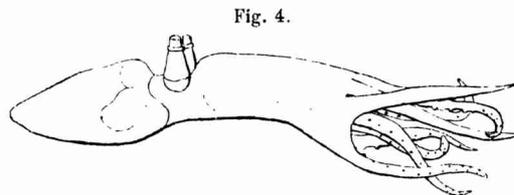


Fig. 4. Tiefsee-Kephalopode mit Teleskopauge (nach Ohun).

Dem unlängst verstorbenen Physiker L. Matthiessen verdanken wir nämlich den Nachweis, daß bei Fischen die relative Brechkraft der Linse nur verhältnismäßig geringen Schwankungen unterworfen ist, viel geringeren als bei anderen Wirbeltieren. Nach Matthiessens mit Hilfe des Abbeschen Refraktometers ausgeführten Messungen hat nämlich der Brechungsindex des „Kernzentrums“ der Fischlinse (d. h. ihres innersten, am stärksten brechenden Teiles) folgende Werte, bezogen auf Luft¹):

¹) L. Matthiessen, Über die Beziehungen, welche zwischen dem Brechungsindex des Kernzentrums der Kristalllinse und den Dimensionen des Auges bestehen (Arch. ges. Physiol., Bd. 27, 1882); Über den physikalisch-optischen Bau des Auges der Cetaceen und Fische (dasselbst, Bd. 38 und 39, 1886).

V. F.

Karpfen	1,5247	Hecht	1,5203
Brachsen	1,5059	Dorsch	1,5247
Barbe	1,5247	Wels	1,5396

Es schwankt also dieser Wert nur zwischen 1,5059 und 1,5396, während bei Säugetieren sich schon viel größere Schwankungen finden (1,4037 [Affe — nicht Mensch! —] bis 1,4751 [Wale]). Annähernd richtig können wir also mit Matthiessen sagen: Die Brechkraft der Linse ist bei Fischen, im Gegensatz zu Landtieren, konstant. Konstant ist aber ferner bei den Fischen die relative Wölbung der vorderen und hinteren Linsenfläche, indem bei den Fischen die Linse stets die Form einer Kugel hat oder doch nur sehr wenig von dieser abweicht, während bei Säugetieren, Vögeln usw. die Linse viel flacher ist und ihre beiden Flächen von sehr verschiedener Wölbung sind. Aus der Konstanz der Brechkraft und der Form der Linse folgt nun aber sogleich, daß die relative Brennweite der Fischlinse, d. h. die Entfernung ihres Brennpunktes im Verhältnis zum Linsenradius, bei allen Fischen dieselbe ist. Diese Beziehung kommt in der Lage der Retina zum Ausdruck, die ja in Brennweite von der Linse entfernt liegen muß. Der Netzhautabstand muß also im Fischeauge stets in einem bestimmten Verhältnis zum Linsenradius stehen. Man kann daher mit Matthiessen von einem „schematischen Fischeauge“ sprechen, das durch eben jenes Verhältnis definiert ist, oder man kann auch sagen: Alle Fischeaugen sind, soweit die dioptrisch wichtigsten Partien in Betracht kommen, einander geometrisch ähnlich. Jenes Verhältnis zwischen Netzhautabstand und Linsenradius beträgt nach Matthiessen im Mittel 2,52.

Diese Ausführungen können nun noch in manchem Punkte anfechtbar erscheinen. Zunächst enthalten sie Matthiessens irrthümliche Annahme, das Fischeauge sei im Ruhezustande des Akkommodationsapparates auf die unendliche Ferne eingestellt, was nach neueren Untersuchungen von Beer¹⁾ keineswegs der Fall ist. Vielmehr ist das Fischeauge im Ruhezustande auf einen wesentlich näheren Punkt eingestellt, und erst durch aktive Akkommodationsanstrengung, und zwar durch eine Annäherung der Linse an die Netzhaut durch den Linsenmuskel, wird eine Akkommodation auf die Ferne bewirkt. Die hierzu erforderlichen Verschiebungen der Linse betragen aber nur Bruchteile der Länge des Linsenradius²⁾. Matthiessens falsche Annahme bedingt daher nur einen geringen Fehler, und zwar in allen Fällen einen gleichsinnigen, und so ist es kein Wunder, daß auch an im Ruhezustande befindlichen Augen der relative Netzhautabstand im großen Ganzen ein und denselben Wert hat. Vielleicht sind sogar die Messungsfehler bei so diffizilen Objekten, wie es die Augen sind, erheblicher als die durch Nichtberücksichtigung des Akkommodations-

¹⁾ Theod. Beer, Die Akkommodation des Fischeauges. (Archiv. ges. Physiol., Bd. 58, 1894. Rdsch. X, 99.)

²⁾ V. Franz, Zur Anatomie, Histologie und funktionellen Gestaltung des Selachierauges. (Jenaische Zeitschr., Bd. 40, 1905.)

zustandes bewirkten. Weiterhin könnte man einwenden, Matthiessens Ausführungen basieren nur auf wenigen Messungen, man dürfe sie nicht auf alle Fischeaugen übertragen. Dennoch halte ich diese Verallgemeinerung entschieden für berechtigt, und zwar erstens deshalb, weil ich durch Messungen an acht Augen von Knorpelfischen einen mit Matthiessens Ergebnis gut harmonisierenden Wert des relativen Netzhautabstandes erhielt. Ich fand nämlich den durchschnittlichen Wert von 2,4, der mit jenem Matthiessens von 2,52 einigermaßen übereinstimmt, und dessen Abweichung vom letzteren vielleicht nur auf Rechnung einer postmortalen Verkürzung der Augenachse zu setzen ist, die mir bei konservierten Augen — nur solche hatte ich vor mir — sehr häufig zu sein scheint. Zweitens spricht eine Kombination von physikalischen mit biologischen Erwägungen durchaus zugunsten der ausgesprochenen Verallgemeinerung. Vergleicht man nämlich die verschiedenen Werte des Linsenbrechungsindex mit einander, so sieht man dieselben entschieden nach einem bestimmten hin, nämlich nach dem des Fischeauges tendieren. Im Fischeauge erreicht der Brechungsindex sein Maximum. Das beruht in letzter Linie auf dem Wegfall der Hornhautbrechung im Wasser, der eine um so stärkere Linsenbrechung erforderlich macht. Die Linsenbrechung muß also bei Fischen eine starke sein, eine um so stärkere, als die absolute Größe der Linse bei keiner Fischart kleiner, als sie ist, gedacht werden kann, und die Linse stets mit ihrer ganzen Breite, ohne Ablendung der Randstrahlen, dem Lichteinfall ausgesetzt ist, so daß ihre Größe ausschließlich durch das Bedürfnis nach Lichteinfall geregelt ist. Bei dem Erfordernis einer recht starken Brechkraft hat also offenbar die Fischlinse das Maximum an Brechkraft erlangt, das dem lebenden Organismus bei der Erzeugung von Linsen-substanz zu schaffen möglich ist, und aus dieser Maximalleistung resultiert die Konstanz der Leistung.

In ganz ähnlicher Weise läßt sich die konstant bis zur Kugelform geschrittene Wölbung der Linse als Maximalleistung auffassen, da die Wirbeltierlinse aus einer mehr oder minder festweichen Substanz besteht, die von einer elastischen Membran umspannt ist und daher aus physikalischen Gründen zur kugelförmigen Abrundung strebt, wofern sie nicht, wie bei Säugetieren, Vögeln usw., durch eine periphere Aufhängung in Abplattung gehalten wird. (Ich halte es dabei für wahrscheinlich, daß die Abplattung der Landtierlinse nicht nur bei erwachsenen Tieren mechanisch fixiert ist, sondern es dürfte ihr auch infolge von Vererbung eine abgeplattete Form inhärent sein, nur daß ihre Kugelform physikalisch als das Primäre aufzufassen ist.) Nicht uninteressant sind in diesem Zusammenhange die Linsen der Wale, die sich, obwohl Säugetierlinsen, nach Brechkraft und Kugelform den Fischlinsen unzweifelhaft nähern.

Ist also die Fischlinse in der angedeuteten zweifachen Richtung eine Maximalleistung des tierischen Organismus, dann kann es keinen Fisch geben, bei