

## Werk

**Titel:** Zur Theorie des Teleskopauges

**Untertitel:** Schluß

**Autor:** Franz , V.

**Ort:** Braunschweig

**Jahr:** 1907

**PURL:** [https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?385489110\\_0022](https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?385489110_0022) | LOG\_0335

## Kontakt/Contact

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

✉ [info@digizeitschriften.de](mailto:info@digizeitschriften.de)

# Naturwissenschaftliche Rundschau.

Wöchentliche Berichte

über die

Fortschritte auf dem Gesamtgebiete der Naturwissenschaften.

XXII. Jahrg.

22. August 1907.

Nr. 34.

## Zur Theorie des Teleskopauges.

Von Dr. V. Franz (Helgoland).

(Originalmitteilung).

(Schluß.)

Diese Grundanschauung vom Teleskopauge wird uns zum Verständnis seiner weiteren Eigentümlichkeiten verhelfen. Ist die Länge des Teleskopauges normal, so muß seine eigentümliche Röhrenform als Resultat einer Verengung des Bulbus aufgefaßt werden. Es stimmt mit diesen Anschauungen überein, daß ein normales Fischauge, auf ein Teleskopauge von gleicher Linsengröße projiziert, dieselbe Länge, d. h. denselben Netzhautabstand wie dieses hat. (Fig. 2.)

Die Augenachse des Teleskopauges ist also keineswegs als solche verlängert, d. h. in dem Sinne, daß sie Kurzsichtigkeit und Zerstreuungskreise auf der Netzhaut zur Folge hätte. Verlängert ist sie nur, wie schon der erste Blick zeigt, im Verhältnis zur Körpergröße des ganzen Fisches. Da die Länge der Augenachse nun, wie nachgewiesen, von der Größe der Linse abhängt, so handelt es sich bei den Teleskopaugen um Augen mit ungewöhnlich großen Linsen. Dies läßt sich noch genauer nachweisen.

Bei Fischen mit normalen Augen schwankt nämlich der Linsendurchmesser beträchtlich innerhalb verhältnismäßig kleiner Werte. So beträgt er, um nur Extreme anzuführen, beim Eishai (*Laemargus carcharias* [O. F. Müll.] oder *Laem. borealis* Flem.) nur  $\frac{1}{200}$  der Körperlänge, bei der *Chimaera monstrosa*  $\frac{1}{44}$  derselben. Über die entsprechenden Werte für Teleskopaugen kann man sich nun an der Hand von Zeichnungen der Fische eine ziemlich sichere Vorstellung verschaffen, da die Linse stets mit ihrer ganzen Breite aus der Pupille hervortritt, also deutlich auf dem Totalbilde zu erkennen ist. Ich habe bereits früher<sup>1)</sup> vier von Chun<sup>2)</sup> auf einer Farbentafel dargestellte Fische in der hierzu erforderlichen Weise ausgemessen. Inzwischen ist aber Brauers Werk „Die Tiefseefische, I. Teil“<sup>3)</sup>, erschienen, dessen prächtige Farbentafeln ein umfangreicheres und wegen größerer Abbildungen geeigneteres Material für derartige Ausmessungen abgeben. So habe ich denn diese Bilder

<sup>1)</sup> V. Franz, Bau des Eulenauges und Theorie des Teleskopauges. (Biolog. Zentralblatt, Bd. 27, 1907.)

<sup>2)</sup> C. Chun, Aus den Tiefen des Weltmeeres. (Leipzig 1900.)

<sup>3)</sup> A. Brauer, Die Tiefsee-Fische, I. Teil. (Wissensch. Ergebnisse d. Dtsch. Tiefsee-Expedition, Jena 1906.)

verwertet, obwohl ich mir bewußt bin, daß es nicht die höchste Aufgabe des Zoologen ist, die Zeichnungen anderer auszumessen. Es ergaben sich folgende Werte:

Name	Linsen- durch- messer (mm)	Körper- länge (mm)	Verhältnis des Linsen- durchmessers zur Körperlänge
Gigantura chuni A. Brauer (ohne Schwanzflossenanhang)	10,0	275	1 : 27,5
Wintertia telescopa A. Brauer	12,8	248	1 : 19
Opisthoproctus soleatus Vail- lant . . . . .	13,7	183	1 : 13
Argyropelecus affinis Garman	13,4	226	1 : 17
Leptocephalus mirabilis			
A. Brauer . . . . .	1,6	222	1 : 139
Dissoma anale A. Brauer . .	7,2	208	1 : 29
Aceratias macrorhinus			
A. Brauer . . . . .	4,0	125	1 : 31
Aceratias macrorhinus indicus			
A. Brauer . . . . .	4,5	110	1 : 24
Aceratias mollis A. Brauer .	2,8	89,5	1 : 32

Vergleichen wir nunmehr die hieraus sich ergebenden, zwischen  $\frac{1}{13}$  und  $\frac{1}{32}$  gelegenen Werte mit den oben für Fische mit normalen Augen ermittelten ( $\frac{1}{44}$  bis  $\frac{1}{200}$ ), so folgt daraus ganz unanfechtbar, daß die Fische mit Teleskopaugen durchgängig solche sind, die im Verhältnis zur Körperlänge ungewöhnlich große Linsen besitzen. Dasselbe erkennt man auch schon beim ersten Anblick der Bilder. (Eine Ausnahme bildet nur *Leptocephalus mirabilis*, bei dem das Auge mit seinem Linsendurchmesser von  $\frac{1}{139}$  der Körperlänge ungewöhnlich klein ist. Dafür handelt es sich aber auch bei *Leptocephalus*, wie schon der Name besagt, um ein Tier mit außergewöhnlich kleinem Kopfe.)

Die stark vergrößerte Linse ist nun eine ganz natürliche und durchaus nicht mehr verwunderliche Folge von der Anpassung an das Leben in großen Meerestiefen. Denn wie schon in zahllosen Fällen beobachtet worden ist, besitzen nächtliche Tiere für gewöhnlich größere Linsen als tagesmuntere, tiefer im Wasser lebende größere als oberflächlich lebende.

Die unmittelbare Folge der Vergrößerung der Linse ist eine entsprechende Vergrößerung des Netzhautabstandes, denn letzterer muß zum Linsenradius im Verhältnis 2,5 stehen.

Die Folge dieser Vergrößerung des Netzhautabstandes und damit des ganzen Auges ist sodann die tiefere Eingrabung des Augapfels in den Schädel, denn stets ist der Augapfel bestrebt, mit seiner vorderen (Hornhaut-)Fläche nicht wesentlich aus der übrigen Körperoberfläche herauszutreten.

Diesem Prozeß des Rückwärtseingrabens ist nun

aber eine Grenze gesetzt. Da die Augen am Fischkopfe seitwärts gerichtet sind, so muß beim fortgesetzten Rückwärtseingraben ein Moment erreicht werden, in welchem beide Augäpfel mit ihren Rückseiten an einander stoßen.

Alle diese Prozesse lassen sich vergleichend-anatomisch verfolgen. Bei einer großen Anzahl von Fischen — so bei Chimaera, bei Macrurus, bei Scomber, Caranx und vielen anderen — reichen beide Augäpfel schon so tief in den Schädel hinein, daß sie nur noch durch eine dünne Membran von einander getrennt sind und eine tiefere Einsenkung nicht mehr möglich ist.

Wird nun aber in großen, dunkeln Tiefen noch eine erheblichere Vergrößerung der Linse und damit der Augenachse erforderlich, so muß das Auge notwendig mit seiner Vorderfläche aus dem Kopfe herausragen. Damit ist der erste Schritt zur Entstehung des Teleskopauges getan.

Wir kennen keine aus dem Kopfe herausragenden Fischaugen, die nicht röhrenförmig verengt wären. Also müssen wir wohl annehmen, daß die röhrenförmige Verengung eine Materialersparnis darstellt, die damit zusammenhängt, daß der herausragende Teil möglichst klein zu gestalten ist.

Tritt aber die röhrenförmige Verengung ein, so wäre bei seitlich gerichtetem Auge nicht nur ein binokulares Sehen sicher unmöglich, sondern die Augen könnten überhaupt niemals beide aus der gleichen Richtung Lichtstrahlen empfangen, wie es beim normalen Auge auch bei seitwärts gerichteter Stellung möglich ist, wegen der halbkugelförmigen Ausdehnung der Retina. Daher sehen wir denn auch stets die beiden Teleskopaugen einander parallel gerichtet, und zwar können wir sicher annehmen, daß sie in die Hauptrichtung des Blickens gestellt sind. Sie sind tatsächlich bei manchen Arten nach vorn, bei anderen aber nach oben gerichtet, wie auch bei Fischen mit normalen Augen die aufwärts gerichtete Augenstellung nächst der seitlichen die häufigste ist.

Weitere Eigentümlichkeiten des Teleskopauges der Fische sind das Fehlen der Iris und die starke Wölbung der Cornea. Beide erklären sich ungewollt aus der Tendenz zur Materialersparnis und zur Röhrenbildung, wiewohl eine Reduktion der Iris auch schon bei Tiefseefischen mit normalen Augen deutlich bemerkbar ist und daher wohl biologisch begründet sein muß.

Ferner ist dem Teleskopauge vieler Tiefseefische eine merkwürdige Teilung der Retina eigen, derart, daß eine Hauptretina im normalen Abstände von der Linse liegt und den Augengrund einnimmt, während eine Nebenretina an der Zylinderfläche der Teleskopröhre ganz nahe der Linse gelegen ist, in einer so geringen Entfernung von der letzteren, daß sie nicht zum Empfangen scharfer Bilder befähigt ist, sondern höchstwahrscheinlich als Organ des Bewegungssinnes fungiert. Diese Nebenretina, deren Bildungsmodus Brauer beschrieben hat, müssen wir nach dem Vorausgegangenen als eine sekundäre Wirkung der zur

Teleskopform führenden morphologischen Umgestaltungen des Fischauges auffassen.

Schließlich dürfen wir wohl noch die bei Teleskopaugen stets bemerkbare weitgehende Reduktion der den Augäpfel bewegenden Muskeln zwar nicht direkt als Folge der Umbildung zur Teleskopform ansehen, wohl aber als Folge der Vergrößerung des Auges. Verhältnismäßig schwach entwickelt sind nämlich schon die Augenmuskeln bei Tiefseefischen mit normalen Augen, und diese Tatsache dürfte sich am ehesten kausal aus dem Mangel an Raum zu kräftiger Entfaltung der Muskeln erklären. Fordert nämlich der Augäpfel gebieterisch seine immer tiefere Einsenkung in den Schädel, bis er seinen Partner so gut wie berührt, so kann man sich denken, daß ihm gleich wie andere Gewebe auch die Augenmuskeln ihren Platz räumen müssen.

Teleskopaugen kommen nicht nur bei Fischen vor, sondern außerdem noch in verschiedenen anderen Tierklassen; so finden sich, wie erwähnt, bei verschiedenen Tiefseekephalopoden röhrenförmige Augen, die C. Chun<sup>1)</sup> beschrieben hat. Ihre morphologischen Übereinstimmungen mit den Teleskopaugen der Tiefseefische sind derartig offenbar, daß man sie ohne Zweifel mit ihnen in Parallele setzen muß, und ebenso zweifellos haben die gleichen Bedingungen, das Leben in der Tiefsee und die hierzu erforderliche Größe der Augenlinse und damit des Netzhautabstandes, zu den mit den Fischaugen konvergenten Umbildungen geführt. Die Übereinstimmungen beruhen namentlich in der ausgesprochenen Röhrenform und der Parallelstellung beider Augen zu einander, ferner in dem Fehlen der Iris und der starken Wölbung der Cornea. Dagegen fehlt dem Teleskopauge der Tiefseekephalopoden die bei Fischen beobachtete Nebenretina, und zwar deshalb, weil der morphologisch-entwicklungsgeschichtliche Bildungsmodus dieses Auges ein anderer als bei Fischen ist und in seiner Art zur Entwicklung einer Nebenretina keine Gelegenheit gibt.

Ausgesprochene Teleskopaugen finden wir ferner in einer ganz anderen Klasse der Tiere, nämlich bei den Nachtraubvögeln, den Eulen. Die Bedingungen zu ihrer Entstehung sind hier in letzter Linie wieder dieselben wie bei Fischen und Kephelopoden; sie beruhen nämlich auf dem Sehen in Dunkelheit, das eine große Linse erfordert. Freilich ist die Eulenlinse nicht gleich der Fischlinse als Maximalleistung des tierischen Organismus aufzufassen. Denn sie ist nicht kugelig, und daß ihre lichtbrechende Substanz im Linsenzentrum das Maximum an Lichtbrechungsvermögen erreicht hätte, ist bei ihrer Weichheit unwahrscheinlich. Eine weitere Annäherung an das Maximum des Möglichen (Kugelform und stärkste Brechung [härteste Linsensubstanz]) würde jedenfalls die Akkommodationsfähigkeit des Eulenauges beeinträchtigen, da das Vogelauge ähnlich dem menschlichen durch Entspannung der in Abplattung gespannt gehaltenen Linse akkommodiert

<sup>1)</sup> C. Chun, l. c.