

zwischen den Papierwänden sich verkriechen und sofort mit der Anfertigung eines Kokons beginnen.

Was die Raupen veranlasst, ihr Leben inmitten der Ameisengesellschaft zu verbringen, und wie die Ameisen sich gegen ihre Gäste verhalten, darüber kann ich heute ebenfalls noch nichts näheres mitteilen. Ich hoffe aber bestimmt, in Bälde meine Studien über diesen interessanten Ameisengast wieder aufnehmen und dann meine obigen fragmentarischen Mitteilungen vervollständigen zu können.

Ich möchte noch erwähnen, dass ich *Pachypodistes* vorher niemals als Schmetterling gefunden habe, trotzdem ich in Pará für das dortige Museum reiche Ausbeute von Schmetterlingen, besonders Nachts an den elektrischen Bogenlampen zusammengebracht habe und die zum größten Teil noch nicht verarbeitet wurde.

Bau des Eulenauges und Theorie des Teleskopauges.

Von Dr. V. Franz (Helgoland).

(Schluss.)

Die Größe des Auges kann sich nun nicht nur, wie die der meisten anderen Organe (z. B. Flossen, besonders aber innere Teile) ausschließlich nach der Größe des Tieres richten; sie hängt vielmehr auch davon ab, ob das Tier in hellen oder in lichtarmen Regionen zu leben gewohnt ist. Zwar zeigt es sich, dass im Durchschnitt größere Tiere auch größere Augen besitzen als kleinere; auch mag bei gleichen Beleuchtungen ein Tier mit kleineren Augen manchmal besser sehen als ein anderes, wenn seine Netzhautelemente leichter erregbar sind. Dass aber Dunkeltiere im Durchschnitt größere Augen haben als ihre im Hellen lebenden Verwandten, ist eine alte Tatsache. Je weniger Licht dem Tiere zur Verfügung steht, um so größer müssen eben Pupille und Linse sein, um so größer mithin auch der Abstand der Netzhaut von der Linse und damit das ganze Auge. Ganz bekannt ist die Größenzunahme der Fischeaugen mit größerer Meerestiefe. Während bei einem nahe der Oberfläche lebenden Meeresfisch die Augen die in Fig. 7 wiedergegebene Lage einnehmen, müssen sie bei Tiefseefischen wegen ihrer erheblichen Größe viel tiefer in den Schädel eingesenkt sein, der Raum zwischen beiden Augen ist bei sehr vielen bis auf eine dünne Membran reduziert, wie Fig. 8 zeigt¹⁾.

1) Man erkennt bei der Betrachtung der Figuren sofort, dass die Reduktion des Interorbitalraumes bei *Chimaera* wesentlich durch die Vergrößerung der Augen bedingt wurde, wenngleich die schmälere Kopfform bei *Chimaera* in diesem speziellen Falle in gleichem Sinne wirkt. — Ich bemerke bei dieser Gelegenheit, dass das Auge von *Acanthias* in Fig. 7 dem mir vorliegenden Präparat entsprechend viel mehr elliptisch gezeichnet wurde als in meiner früheren Bearbeitung der Selachier-

Noch tiefer kann sich das Auge füglich nicht einsenken, indem faktisch kein Platz dazu da ist.

Braucht nun aber ein Fisch relativ (d. h. im Verhältnis zu seiner Körpergröße) noch größere Pupillen, Linsen, Augen, so muss irgendwie Rat geschaffen werden.

Dieses Bedürfnis werden naturgemäß die kleineren Tiefseefische am ehesten empfinden. Die relative Größe des Auges ist ja auch bei den Vögeln bei kleineren Arten erheblicher als bei größeren¹⁾. Wie wir sehen, ist der Ausweg, der den kleinen Tiefseefischen weiter hilft, das aus dem Körper hervorstehende Teleskopauge. Wir können dies noch deutlicher beweisen.

Um nämlich bei den Teleskopaugen von der relativen Linsengröße, also von der Linsengröße im Verhältnis zur Körperlänge, zu einer ungefähren Vorstellung zu gelangen, habe ich, so genau dies möglich war, Linsengröße und Körperlänge der von Chun in seinem Werk „Aus den Tiefen des Weltmeeres (Jena 1900)“ auf einer Farbentafel dargestellten Tiefseefische mit Teleskopaugen gemessen. Es ergab sich nun:

	Name	Linsen- durchmesser	Körper- länge	Verhältnis der Linsen- durchmesser zur Körperlänge
I	—	6,0	129	1 : 21
II	—	3,5	120 ²⁾	1 : 34
III	<i>Opisthoproctus soleatus</i> . .	4,5	69	1 : 15
IV	<i>Argyropelecus</i> sp.	4,6	83	1 : 18

Der Linsendurchmesser beträgt also, wie die letzte Kolonne der Tabelle zeigt, $\frac{1}{15}$ bis $\frac{1}{34}$ der Körperlänge. Das sind so extravagante Werte, dass die Messungsfehler ihnen gegenüber klein sein müssen. Die Fische mit Teleskopaugen haben nämlich hier nach im Verhältnis zur Körperlänge viel größer, ja bis doppelt so große und noch größere Linsen als Tiefseefische mit normalen Augen, wie *Spinax* und *Chimaera*, bei welchen jenes Verhältnis $\frac{1}{49}$ bzw. $\frac{1}{44}$ beträgt. Wir sehen also aufs deutlichste, dass die Tiefseefische mit Teleskopaugen geradezu unverhältnismäßig große Augenlinsen haben. Folglich ist auch die Tiefe des Auges, die ja der Linsengröße entsprechend ist, im Verhältnis zu den Körperdimensionen unverhältnismäßig groß.

augen; dieser mehr elliptische Umriss dürfte das dem wirklichen Verhalten besser Entsprechende sein, während der früher gezeichnete tiefe Sulcus corneae wohl ein Kunstprodukt ist.

1) M. Fürbringer, Untersuchungen zur Morphologie und Systematik der Vögel, II, S. 1069, Amsterdam 1888.

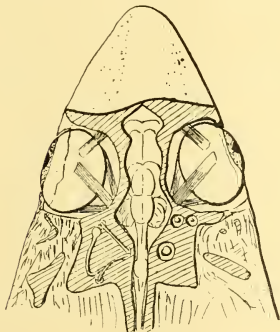
2) Der lange Anhang der Schwanzflosse ist nicht mit eingerechnet.

Hier hat also wirklich das Bedürfnis vorgelegen, Rat und Platz zu schaffen für ein Auge, das im Verhältnis zu den Körperdimensionen größer, ja viel größer ist als das Auge von *Chimaera*.

Das Teleskopauge, welches der Fisch nunmehr an Stelle des Seitenauges bekommt, hat die nötigen, von der Linsengröße geforderten Dimensionen wenigstens in der Richtung seiner Achse, was ja auch für das Sehen das Wichtigste ist.

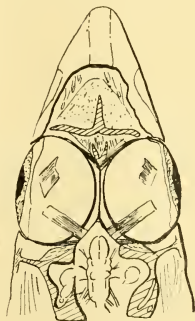
Wenn wir nun bedenken, dass aus jedem Teleskopauge, im Falle man es zu einem Auge mit seitlicher Ausbauchung ergänzte, ein Auge von sehr erheblicher relativer Größe würde, so erscheint uns die Vermutung berechtigt, dass das Wegbleiben seitlicher Ausbauchungen eben den Zweck hat, das Auge zu verkleinern, also Raum zu ersparen.

Fig. 7.



Lage der Augen im Kopfe bei einem oberflächlich lebenden Fisch (*Acanthias*). Der Interorbitalraum ist breit.

Fig. 8.



Lage der Augen im Kopfe bei einem Tiefseefisch (*Chimaera*). Der Interorbitalraum ist auf eine dünne Membran reduziert.

Das Teleskopauge ist also nicht röhrenförmig „ausgezogen“, sondern röhrenförmig verengt. —

Nur scheinbar vermag hierin die Embryonalentwicklung zu widersprechen. Allerdings liegt im embryonalen, noch normal geformten Teleskopauge die Linse nicht nur absolut, sondern auch relativ näher als im ausgebildeten, ihr Abstand von der Netzhaut verlängert sich also ontogenetisch. Das gilt aber für sehr viele, vielleicht für alle Wirbeltieraugen, unter den Fischen z. B. für *Torpedo* (cf. Froriep)¹⁾.

In allen Fällen sind Teleskopaugen einander parallel gerichtet, so dass sie ohne Zweifel das binokuläre Sehen ermöglichen. Brauer

1) A. Froriep, Die Entwicklung des Auges der Wirbeltiere, in: O. Hertwig, Handbuch der vergleichenden und experimentellen Entwicklungslehre der Wirbeltiere, Bd. II, 1905.

vermutet, dass dadurch eine bessere Abschätzung der Entfernungen zustande komme. Ganz gewiss ist dies richtig, doch scheint mir — wenngleich die völlige Gewissheit fehlt — auch Fische mit seitlich stehenden Augen können nicht nur monokular (seitwärts), sondern auch binokular (geradeaus) sehen, weil eben die Augen fast nie rein seitlich gerichtet sind.

Wenn aber ein Teleskopauge seitlich gerichtet wäre, so könnte es nimmermehr die Strahlen empfangen, die aus der Vorwärtsrichtung kommen. Diese Richtung ist aber wohl stets die Hauptbewegungs- und daher meistens auch die Hauptblickrichtung. Darum ist es nicht zu verwundern, wenn wir vorwärts gerichtete Teleskopaugen finden.

In den Fällen jedoch, wo die Teleskopaugen aufwärts gerichtet sind, müssen wir wohl annehmen, dass bei diesen Tieren der wichtigste Teil des Gesichtsfeldes oben liegt; vielleicht um der Art ihres Nahrungserwerbs willen, wie ja wenigstens bei *Argyropelecus*, einem Fisch mit aufwärtsgerichteten Teleskopaugen, das Maul schräg abwärts führt, vielleicht um der Erkennung der Geschlechter willen, womit wir allerdings plötzlich mitten in das Gebiet der Hypothese hineingeraten sind.

Sollte man mich schließlich fragen, warum bei *Stylophthalmus paradoxus*, der nach Brauer gleichfalls Teleskopaugen haben soll, diese Augen auf ihren langen Stielen im Gegensatz zum gewöhnlichen Verhalten seitlich und nicht einander parallel gerichtet sind, so muss ich allerdings hierauf die Antwort schuldig bleiben.

Wer will sich aber auch anheischig machen, alle diese Einzelheiten zu erklären? Ich beabsichtige nur, mit diesen Zeilen eine Theorie des Teleskopauges zu entwickeln, die zu ihrem allergrößten Teil nicht hypothetisch ist, sondern auf exakten physikalischen und geometrischen Messungen am Fischauge basiert und nach meiner festen Überzeugung in ihren Grundzügen berechtigt ist. Sagte doch schon Chun von den Tiefseetieren (Aus den Tiefen des Weltmeeres, S. 538): „Manche Strukturverhältnisse — so vor allem der Bau des Auges —, dürften wohl einer streng physikalischen Analyse zugänglich sein.“ Im Gegensatz zu der bisherigen, namentlich von Brauer und bezüglich der Cephalopoden von Chun¹⁾ vertretenen Anschauung dürfen wir nunmehr nicht von einer großen Tiefe des Teleskopauges sprechen, auch nicht annehmen, ein großer Netzhautabstand bewirke Zerstreuungskreise; sondern die Tiefe des Auges ist für das Auge das **Gegebene**, bestimmt durch die erforderliche Linsengröße und das Erfordernis des deutlichen Sehens, und alle seine weiteren Eigentümlichkeiten sind **Folgeerscheinungen**.

1) C. Chun, Über Leuchtorgane und Augen von Tiefseecephalopoden. Verh. d. Deutsch. Zoolog. Gesellsch., 1903, S. 67—91.

Nicht nur die eigentümliche Form und Lage des ganzen Auges haben wir als solche Folgeerscheinungen aufzufassen, sondern z. B. auch die starke Wölbung der Cornea. Denn wie sollte eine Cornea von gegebener Höhe, in welcher die vordere Linsenhälfte Raum finden muss, auf den Sklerarand eines röhrenförmig verengerten Bulbus fundiert sein, wenn sie nicht selbst stark gewölbt wäre.

Auch die erhebliche, selbst bis zum Schwinden gehende Reduktion der Iris ist vielleicht auf Rechnung der seitlichen Verkleinerung des ganzen Auges unter Erhaltung der erforderlichen Pupillenweite zu setzen; allerdings ist es sehr wahrscheinlich, dass Tiefseefische überhaupt eine verschiebbare Blende mehr oder weniger entbehren können, wie ja auch bei Tiefseefischen mit gewöhnlichen Augen die Iris reduziert ist.

Die erhebliche Stäbchendichte, die man im Teleskopauge antrifft, gehört zweifellos nicht zu den spezifischen Charakteristika des Teleskopauges; vielmehr findet sie sich auch bei anderen Tiefseefischen und ist, wie wir im Anschluss an Pütter's Forschungen über die Augen der Wassersäugetiere¹⁾ mit Bestimmtheit annehmen können, ein Mittel zur Erhöhung der Lichtempfindlichkeit.

Eine in vergleichend-biologischer Hinsicht sehr wichtige Erscheinung dagegen, nämlich die Teilung der Retina des Teleskopauges in Haupt- und Nebenretina werden wir mit Wahrscheinlichkeit als eine wenn auch nicht unmittelbare Folge von der Umbildung des Auges zum Teleskopauge ansehen müssen. Mir scheint nämlich am ehesten die Vermutung berechtigt, dass das Auftreten einer Nebenretina in der Phylogenese durch den eigentümlichen, von Brauer aufgedeckten Bildungsmodus des Teleskopauges ermöglicht wurde, und dass ein solches, wahrscheinlich das Bewegungssehen vermittelndes Organ, nachdem es einmal entstanden, sich als vorteilhaft bewährte und daher neben der Hauptretina erhalten blieb. Es ist sogar durchaus annehmbar, dass das von der Linsengröße geforderte Teleskopauge eben deshalb bei Fischen auf die eigentümliche Weise gebildet wird, weil hierbei eine für das Tiefseeleben zweckmäßige Teilung der Retina ermöglicht wurde.

3. Tiefseeauge und Eulenauge in physiomorphologischer Hinsicht. Sind wir nun wirklich berechtigt, beide als konvergent gestaltet anzusprechen? Ich glaube ja. Wir dürfen das Eulenauge ebensogut als Teleskopauge bezeichnen, wie von Chun gewisse Cephalopodenaugen ohne Bedenken in Analogie mit den Teleskopaugen der Tiefsee gestellt werden. Die Erwägungen über die Bedeutung des Teleskopauges bei Fischen können wir wegen der höchstgradigen morphologischen Übereinstimmung zwischen Fisch- und Cephalopodenteleskopauge gewiss auf die Cephalopoden übertragen.

1) A. Pütter, Die Augen der Wassersäugetiere. Zool. Jahrb., Abt. f. Anat. Bd. 17, 1903.

Wenngleich wir also Zahlenwerte für die Dioptrik des Cephalopoden-
 auges nicht kennen, müssen wir in Analogie mit dem Fischeuge
 annehmen, dass bei diesen kleinen Tiefseecephalopoden die Brech-
 kraft der im Verhältnis zum Körper großen Linse und das Er-
 fordernis des deutlichen Sehens die Tiefe des Auges bestimmte,
 während seine Röhrenform und sein Herausragen aus dem Körper
 den räumlichen Bedürfnissen zuliebe bewerkstelligt wurden. Wir
 dürfen also nicht mit Chun von „verlängerten Augen“, sondern
 nur von röhrenförmig verengten sprechen. So lange die Dioptrik
 z. B. eines *Amphitretus*-Auges nicht bekannt ist, so lange ist unbe-
 wiesen, was Chun meint, dass es sich bei diesen Formen, „deren
 Linse in weitem Abstand von der Retina gelegen ist, um hoch-
 gradig kurzsichtige Tiere handelt“¹⁾, und sehr viel wahrscheinlicher
 ist das Sehvermögen des Teleskopauges auch bei Cephalopoden
 ein normales, wie bei Fischen.

Ganz Entsprechendes lässt sich noch deutlicher bei dem Eulen-
 auge klar machen. Die Eule ist, wie jeder weiß, ein Tier mit un-
 verhältnismäßig großen Augen, ein Nachttier, an dessen gutem
 Sehvermögen niemand zweifelt. Der Abstand der Netzhaut von
 der Linse trägt also nur dem Bedürfnis des deutlichen Sehens
 Rechnung, das Auge ist mithin nicht verlängert, nicht „ausgezogen“,
 wie es zuerst scheint, sondern nur verengt. Das Herausragen des
 Bulbus aus dem Kopfe und seine Röhrenform sind offenbar auch
 hier nur sekundäre Erscheinungen.

In diesem Sinne etwa sieht schon Leuckart²⁾ in der
 trichterähnlichen Gestalt des relativ großen Eulenauges ein Mittel
 zur Verringerung der Masse und des Gewichts. Ich kann dem im
 wesentlichen beistimmen, nur scheint es mir nicht so sehr auf Ge-
 wichts-, sondern vielmehr auf Umfangs- oder Raumersparnis
 abgesehen zu sein, deren Vorteilhaftigkeit man sich bei den großen
 Augen an verhältnismäßig kleinem Kopfe wohl denken kann.

Man könnte ja nun sagen, wenn die Linse des Eulenauges noch
 stärker gewölbt wäre, so könnte auch der Netzhautabstand geringer
 sein. Aber wer will sicher entscheiden, warum die Natur nicht
 diesen Weg vorgezogen hat, sondern einen andern, nämlich den
 des Teleskopauges? Naheliegend ist die Vermutung, dass es einer
 größeren Akkomodationsbreite zuliebe geschah, die ja eine flache,
 entspannungsfähige Linse voraussetzt.

Ich habe die hier auseinandergesetzten Anschauungen über die
 Bedeutung des Teleskopauges schon früher vertreten³⁾. Damals

1) C. Chun, l. c. S. 90.

2) R. Leuckart, Organologie des Auges, in Graefe-Saemisch, Handbuch
 d. ges. Augenheilkunde. Bd. II, Teil II, Leipzig 1876, S. 188.

3) l. c. S. 824 u. 825.

aber, wo ich über Selachieraugen arbeitete und alle diese Entwicklungen eigentlich garnicht zum Thema gehörten, sagte ich auf einer Druckseite, was mir jetzt um der Sache willen einer eingehenderen Begründung zu bedürfen scheint. Ich sagte damals wörtlich:

„Die Notwendigkeit eines konstanten Verhältnisses zwischen Linsengröße und Retinaabstand vom Linsenzentrum dürfte in manchen, allerdings außerhalb der Ordnung der Selachier fallenden Fällen nicht nur die Größe, sondern auch die Form des Bulbus beherrschen.

„Es ist nämlich wahrscheinlich, dass die Notwendigkeit dieses bestimmten Verhältnisses im Verein mit dem Erfordernis relativ sehr großer Linsen in sehr großen, dunklen Tiefen die von Brauer beschriebene eigentümliche Form der „Teleskopaugen“ bei Tiefseefischen herbeiführte. Auch diese Augen entsprechen dem „schematischen Fische“ Matthiessen's, da auch bei ihnen nach Brauer's Zeichnungen sich der Retinaabstand zum Linsenradius im Mittel wie 2,4:1 verhält. Das Auge musste eine durch die erhebliche Linsengröße bedingte große Achsenlänge haben, während für eine seitliche und kranialwärts gerichtete Ausdehnung am relativ kleinen Körper des Tieres nicht mehr Platz war. Der Interorbitalraum ist nämlich bei den Tiefseefischen nach Brauer schon bis auf eine dünne Membran reduziert. So kommt die scheinbar in axialer Richtung verlängerte Form des Auges und sein starkes Hervorstehen aus dem Körper zustande. Gleichzeitig wird aus dem seitlich gerichteten Auge ein nach vorn oder oben gerichtetes, da ein seitlich gerichtetes Teleskopauge diejenigen Strahlen nicht empfangen könnte, die aus der Blickrichtung kommen. Die häufig auftretende Nebenretina dürfte dann, wie wir mit Brauer vermuten, die von der Seite kommenden Strahlen empfangen. Sie kann übrigens wegen ihrer Nähe an der Linse keine deutlichen Bilder, sondern nur verwaschene Lichteindrücke empfangen und dient vielleicht vorwiegend als Organ des Bewegungssinnes.

„Ein dem Teleskopauge der Tiefseefische sehr ähnliches Auge kommt den Nachtraubvögeln zu, und bei diesen sind auch die Bedingungen ähnlich wie bei jenen. Die Linse ist groß, durch ihre starke Wölbung wird einer zu großen axialen Verlängerung des Bulbus vorgebeugt, immerhin resultiert gleichfalls ein seitlich nicht ausgedehntes und nach vorn gerichtetes Auge. Es hat einen — in funktioneller Hinsicht, möchte ich noch hinzufügen! — „ähnlichen Weg“ durchgemacht wie das Teleskopauge der Tiefseefische, und das Ergebnis ist eine interessante Konvergenzerscheinung, nur ist das Auge der Nachtraubvögel nicht ganz so weit in dieser Richtung entwickelt, wie das Teleskopauge der Tiefseefische.“

Wir erkennen also, dass die Teleskopaugen vermöge des Netz-

hautabstandes von der Linse ein scharfes, und nicht ein unscharfes Sehen ermöglichen. Diese Tatsache erklärt auch allein das Vorkommen eines Akkomodationsapparates im Teleskopauge der Tiefische¹⁾ und das Auftreten von Foveae bei Cephalopoden²⁾ und beim Tiefseefisch *Bathytroctes*, dessen ausgebildetes Auge einen Übergang zwischen Seitenauge und Teleskopauge darstellt³⁾. Sie steht ferner im besten Einklang mit der Doflein'schen Entdeckung⁴⁾, dass im Auge der Tiefseekrabbe *Platymaia* die Rhabdome von Pigment umhüllt sind, so dass ein Appositionsbild erzeugt und ein echtes musivisches Sehen, also ein scharfes Erkennen von Bildern ermöglicht wird.

Freilich ist es nicht unwahrscheinlich, dass ein etwas weniger scharfes Sehen speziell bei schwachem Lichte von Vorteil ist, weil es das Sehen von Bewegungen begünstigt. Hierin kann ich zwar nicht schlechtweg Exner's⁵⁾ Ansicht beipflichten, wie ich früher⁶⁾ ausführte, doch meine ich, dass bei weniger scharfem Sehen der Bewegungssinn weniger zurücktritt als der Formensinn, ja unter Zuhilfenahme eines psychologischen Moments, der Aufmerksamkeit, mag es vielleicht sogar in den Vordergrund treten können.

Nun sind aber Zerstreuungskreise keineswegs das einzige Mittel zur Herabsetzung der Sehschärfe. Dasselbe kann auch durch vergrößerte Innervationsbezirke der Netzhaut erreicht werden, und vielleicht — wir wissen es nicht — ist dieses Mittel bei den Teleskopaugen der Tiefseefische angewandt.

Vielleicht wirkt auch das Tapetum lucidum in ähnlicher Weise. Ich selbst habe zwar früher eine andere Ansicht über die Wirkung des Tapetum aufgestellt, trotzdem glaube ich, dass hierin noch keine genügende Klarheit herrscht, zumal ich selbst in einer Arbeit⁷⁾ mitteilte, dass bei starker Sehporpurbildung das Tapetum von *Acanthias* durch den Purpur verdeckt wird; eine Tatsache, die jeder zurzeit aufgestellten Ansicht über die Funktion des Tapetum Schwierigkeiten bereitet.

Sehr wahrscheinlich erscheint mir Chun's⁸⁾ Annahme, dass im

1) Brauer, l. c. (Verhandl. 1902).

2) Chun, l. c.

3) F. Doflein, Die Augen der Tiefseekrabben. Biol. Centralbl. Bd. 23, 1903.
— Ders., *Brachyura*. Wiss. Ergebn. d. D. Tiefseee Expedition, Bd. VI, Jena 1904.

4) S. Exner, Die Physiologie der facettierten Augen von Krebsen und Insekten. Leipzig und Wien 1891.

5) l. c. S. 761—762.

6) l. c. S. 773—776.

7) V. Franz, Beobachtungen am lebenden Selachierauge. Jen. Zeitschr. Bd. 41, 1906, S. 459.

8) C. Chun, Leuchtorgan und Facettenauge. Biol. Centralbl., Bd. 13, 1903.
— Ders., Atlantis, Biolog. Studien über pelagische Organismen. Bibliotheca zoologica Bd. 7, Heft 19, Stuttgart 1890.

Facettenauge von pelagischen Tiefseeschizopoden und -dekapoden die Pigmentarmut Superpositionsbilder, also ein unscharfes Sehen hervorruft.

Unbedingt aber muss daran festgehalten werden, dass bei Fischen im Teleskopauge die Hauptretina in Bildweite von der Linse liegt und nicht in größerer Entfernung. Die Nebenretina dagegen liegt der Linse viel zu nahe, um jemals scharfe Bilder zu empfangen und dürfte, wie ja auch schon Brauer vermutet, vorwiegend als Organ des Bewegungssinnes dienen.

Diese Teilung in Haupt- und Nebenretina erinnert bekanntlich durchaus an die Teilung des Auges in Front- und Seitenauge bei pelagischen Tiefseedekapoden und -schizopoden. Chun hat zuerst auf diese Übereinstimmung hingewiesen und meint¹⁾, der Nachweis, dass derartig monströse Augen nicht nur den Krustern, sondern auch einigen pelagisch lebenden Tiefenformen von Fischen und Cephalopoden zukommen, dürfte eine wertvolle Errungenschaft der Valdivia-Expedition sein.

Mir scheint es durchaus möglich, dass eine derartige Übereinstimmung nicht nur scheinbar, sondern tatsächlich vorliegt. Während aber bei Fischen das Frontauge sicher viel detaillierter sieht als das Seitenauge, nimmt Chun für das geteilte Krustazeenauge das Umgekehrte an (auf Grund dieser Ansicht entstand erst die von dem unscharfen Sehen des Teleskopauges der Fische). Ich wage es nicht, hierin Chun vom grünen Tisch her unbedingt zu widersprechen und den Befund am Fischauge auf das Facettenauge zu verallgemeinern, da ich das letztere und seine Literatur bei weitem nicht so genau studiert habe wie das Wirbeltierauge. Manche Gründe, die von Chun aufgezählt werden, sprechen für seine Ansicht. Doch scheint mir, erst eine physikalische Prüfung der lebensfrischen brechenden Substanzen des Tiefseefacettenauges kann eine sichere Entscheidung ermöglichen, ob das Frontauge oder das Seitenauge besser sieht.

Den Werdegang des Teleskopauges hat Brauer bei Tiefseefischen nicht nur embryologisch, sondern auch vergleichend-anatomisch verfolgen können. Bei den Cephalopoden ist zurzeit augenscheinlich nur die vergleichende Betrachtung möglich. Ebenso ist es bei den Vögeln, wo das embryologische Tatsachenmaterial meines Wissens noch nicht vorliegt, während das vergleichend-anatomische namentlich durch die klassische Untersuchung Soemmering's geliefert und auch schon von Leuckart zu einigen vergleichenden Betrachtungen verwertet wurde. Die Augen vom Schwan, vom Strauß und vom Falken bilden stufenweise Über-

1) C. Chun, Aus den Tiefen des Weltmeeres. Jena 1900, S. 534.

gänge vom normalen Vogelauge zum Teleskopauge der Eule. Unter den Säugetieren dürfte sich die Fledermaus in die Reihe einfügen.

Nachdem wir gesehen haben, dass eine erhebliche relative Linsen- und Augengröße die Vorbedingung für die Bildung des Teleskopauges ist, dürfen wir uns nicht darüber wundern, dass unter den in Luft stehenden Tieren gerade bei den Vögeln die Bildungsstufen des Teleskopauges auftreten. Wird doch die Größe des Auges nicht nur durch die gebotene Lichtmenge, sondern auch durch die Schnelligkeit der Bewegungen seines Besitzers und von dem erforderlichen Grad der Sehschärfe bestimmt. Die Vögel mit ihren schnellen Bewegungen brauchen große Augen. Die Raubvögel sind bekanntlich durch eine ziemlich erhebliche Sehschärfe ausgezeichnet. Darum ist das Auge der Tagraubvögel schon halb und halb ein Teleskopauge, bei den Nachtraubvögeln aber, die als im Dunkeln sehende Tiere die größten Augen unter allen Vögeln besitzen, erreicht die Ausbildung des Teleskopauges einen besonders hohen Grad.

Da ich nun einmal vom Eulenaugē spreche, so will ich bei dieser Gelegenheit noch auf eine Tatsache hinweisen, die mir ohne Suchen beim Studium des Eulenauges aufstieß. Den Augenmuskeln sollen die folgenden Zeilen gelten.

Wir sahen, dass das Auge der Nachtraubvögel dem Teleskopauge der Tiefseefische durch Konvergenz so ähnlich geworden ist. Ich glaube, diese Konvergenz kommt auch an den Augenmuskeln zum Vorschein. In ihrer Anordnung und im Verlaufe zeigen zwar die Muskeln des Eulenauges nichts Abnormes; aber sie sind außerordentlich schwach. „Musculi autem recti et obliqui,“ sagt Soemmering, „admodum parvi . . . : neque enim in vivis strigibus ullum bulbi motum observare neque in mortuis efficere potui, qui etiam in reliquis plerisque avibus minimus esse solet.“ (Als Ersatz für die eingeschränkte und bei Eulen ganz fehlende Beweglichkeit der Augen kommt den Vögeln offenbar die große Exkursionsfähigkeit der Kopfdrehungen zu.) Dem Eulenaugē fehlt also die Beweglichkeit, soweit nachweisbar, und die Muskeln sind sehr schwach. Außerordentlich reduziert sind nach Brauer¹⁾ auch die Augenmuskeln vieler Teleskopaugen bei Tiefseefischen. Ich habe in Bergen bei Tiefseeteleostiern, die sehr große Augen haben, gleichfalls sehr schwache Augenmuskeln gesehen — wenn ich nicht irre bei *Argentina*, *Molva* und *Macrurus*. Ganz bestimmt habe ich behaupten können²⁾, dass zwei Tiefseehaie, *Spinax* und *Chimaera*, sehr schwache Augenmuskeln besitzen. Bei einem dritten Tiefseehai,

1) l. c. (Verhandl. 1902).

2) l. c. (1905).

Laemargus, fand ich zwar sehr kräftige Muskeln, dafür aber hat dieser Fisch, wie ich heute weiß, verhältnismäßig außerordentlich kleine Augen¹⁾.

Wir können also feststellen, dass überall, wo große Linsen und demzufolge große Augen auftreten, die Augenmuskeln sich reduzieren.

Wie ist dies zu erklären?

Es ist ein Gedanke, den ich nicht als ganz bestimmt aussprechen will, der sich aber immer und immer wieder mir aufdrängt, dass die Muskeln bei der stammesgeschichtlichen Vergrößerung des Augapfels, bei seiner immer tieferen Einsenkung in den Schädel nicht gleichen Schritt mit dem Bulbus halten können. Sie können sich nicht so schnell rückwärts eingraben, sie müssen, wenn das Auge seinen Platz erobern will, sich selbst verkleinern. Zugunsten des wachsenden Auges atrophieren sie — natürlich phylogenetisch gesprochen.

Sollte diese Vermutung berechtigt sein, so sähen wir einem Kampf der Organe im Organismus zu, wir sähen den Bulbus siegreich, während die Muskeln unterliegen²⁾. In „teleologischer“ Ausdrucksweise würde dasselbe vielleicht noch etwas klarer so lauten: es ist dem Organismus unmöglich, ein stark vergrößertes Auge mit entsprechend vergrößerten Augenmuskeln zu bilden. Ein Auge von der erforderlichen Größe und Achsenlänge, aber mit schwachen Muskeln scheint dem Tiere nützlicher als ein solches, das zu klein, aber mit kräftigen Muskeln ausgerüstet wäre. Denn wir sehen jenes und nicht dieses zustande kommen.

Helgoland, 1. September 1906.

Jahresbericht über die Ergebnisse der Immunitätsforschung.

Herausgeg. von Wolfg. Weichardt.

I. Bd. Ber. über das Jahr 1905, gr. 8^o, 225 S. Ferd. Enke, Stuttgart 1906.

Der Herausgeber begründet sein Unternehmen damit, dass die außerordentlich rege Arbeit, welche auf dem jungen Gebiet der Immunitätsforschung herrscht, es nur wenigen Forschern, die sich ganz auf dies Gebiet beschränken, möglich mache, von allen wichtigen neuen

1) Während nämlich der Linsendurchmesser bei *Spinax spinax* (L.) $\frac{1}{40}$, bei *Chimaera monstrosa* L. $\frac{1}{44}$ der Körperlänge misst, beträgt dieses Verhältnis bei *Laemargus carcharias* (O. F. Müll.) (*Laem. borealis* Fl.) nur etwa $\frac{1}{200}$, also enorm wenig und weniger als bei allen anderen Selachiern. Dementsprechend ist auch das ganze Auge sehr klein, wenngleich seine Sklera und Suprachorioidea sehr dick ist.

2) Es ist nach dem soeben Gesagten selbstverständlich, dass der hier supponierte, in der Phylogenese sich abspielende Kampf der Organe weit verschieden ist von W. Roux's „Kampf der Teile“ (Leipzig 1881), obwohl in der Roux'schen Schrift ein kurzes Kapitel „Der Kampf der Organe“ enthalten ist.

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. 341-351](#)