

Diatomee von Maximalgröße und diese beginnt den Cyklus von vorn. Verschiedene Autoren, auch der Verfasser, haben Fälle beobachtet, in denen eine ganze Diatomeenkette, oder auch einzelne Diatomeen durch Einschluss eines Fremdkörpers oder auch eines sehr erweiterten Sporangiums [Auxospore] ihre normale Form änderten. Das wäre nicht möglich, wenn die eben entstandene Diatomee keiner Gestaltsveränderung fähig wäre. Der Verf. beobachtete außerdem eine *Fragilaria*-kette von 72 Individuen, die alle exakt gleicher Größe waren, ein mit der Teilungstheorie unvereinbares Faktum. Die Teilung kann überhaupt nur in den Diatomeen vorsichgehen, deren Schalen architektonisch ganz gleich und zu einander symmetrisch sind. So ist sie in *Cocconeis* und *Achnanthes* unmöglich und auch in den Diatomeen, die wie *Asteromphalos* zwar gleiche und symmetrische Schalen haben, aber so, dass die homologen Teile alternieren, oder dass die Schalen wie bei *Campylodiscus* gekreuzte Axen haben. Diese Ansicht wird indirekt insofern von allen bisherigen Beobachtungen über Teilungsvorgänge bestätigt, als eine Teilung bei den drei genannten Kategorien nie beobachtet wurde.

Die Schlüsse des Verfassers sind kurzgefasst folgende:

Die Teilung ist nicht der eigentliche Reproduktionsvorgang bei den Diatomeen, sondern wie bei allen Organismen, in denen sie auftritt, als eine Erweiterung des individuellen Lebens aufzufassen.

Die Teilung ist bei den Diatomeen nicht Regel, sondern Ausnahme.

Die Diatomeen pflanzen sich durch Sporen fort, die vom Augenblick ihrer Entstehung an eine kieselhaltige Hülle haben.

In Bezug auf das Wachstum verhalten sich die Diatomeen wie alle andern Organismen: sie wachsen, bis sie erwachsen sind.

Margherita Traube-Mengarini (Rom).

Leuchtorgan und Facettenauge.

Ein Beitrag zur Theorie des Sehens in grossen Meerestiefen.

Von Carl Chun.

Nachdem unsere Kenntnisse über Bau und Leistung des Facettenauges durch eine Reihe gehaltvoller neuerer Untersuchungen — vor Allem durch die meisterhaften Studien Grenacher's und durch die nicht minder hervorragenden experimentellen Beobachtungen Exner's — einem gewissen Abschluss entgegengeführt wurden, schien es mir von Interesse, auch die Facettenaugen der Tiefsee-Crustaceen in den Kreis der Betrachtung zu ziehen. In dem feineren Bau des Auges spiegelt sich getrenn die biologische Eigenart des Tieres wieder und so ist denn die Erwartung, dass die Facettenaugen der Tiefenbewohner Strukturverhältnisse aufweisen möchten, welche in der Anpassung an die Existenzbedingungen ihre Erklärung finden, nicht getäuscht worden.

Aus der Reihe der von mir untersuchten Formen greife ich die „Leuchtkrebse“, wie man neuerdings die Euphausien (eine Ordnung der Schizopoden) nennt, heraus. Ich wähle gerade diese Gruppe, weil sie mir einerseits in zahlreichen wohl konservierten Vertretern zur Verfügung stand, die ich mit dem Schwebnetz aus größeren Tiefen erbeutet hatte, und weil andererseits die Leuchtkrebse von der Oberfläche an bis in jene Regionen, in welche kein Lichtstrahl vordringt, einen ungemein charakteristischen Bestandteil des Planktons abgeben. Da nun gewisse Gattungen, wie meine früheren Erfahrungen lehren, die Oberfläche, andere wiederum die dunklen Regionen bevölkern, so gelingt es Schritt für Schritt die Umbildungen zu verfolgen, welche in der Angewöhnung an den Tiefenaufenthalt die Facettenaugen betrafen. Ich will versuchen — so weit es ohne Zuhilfenahme zahlreicher Abbildungen möglich ist — die Verhältnisse klar zu legen und verweise bezüglich mancher Ausführungen auf eine demnächst erscheinende ausführliche Publikation.

I. Die Leuchtorgane.

Schon den älteren Beobachtern (Dana, Semper, Kroyer) war es aufgefallen, dass bei den Euphausien außer den Stielaugen eigenartige Sinnesorgane an den Seitenteilen des Thorax und zwischen den vier vordern Abdominalfußpaaren auftreten. Claus¹⁾, welcher diese Gebilde 1863 genauer untersuchte und sie so zutreffend schilderte, dass die späteren Beobachter seiner Beschreibung wenig hinzuzusetzen hatten, war durch den augenähnlichen Bau der in Rede stehenden Sinnesorgane so frappiert, dass er sie geradezu als „accessorische Augen“ bezeichnete und damit einer Auffassung Ausdruck gab, welche bis zu Beginn der achtziger Jahre in Geltung blieb.

Einen wesentlichen Fortschritt in der Erkenntnis des physiologischen Wertes dieser Sinnesorgane bedeutet die Entdeckung von J. Murray²⁾ und G. O. Sars³⁾, dass die vermeintlichen Augen Leuchtorgane repräsentieren, welche ein intensives phosphoreszierendes Licht ausstrahlen. Sars vermochte zudem auch den Sitz der Lichtentwicklung genauer festzustellen, indem er den charakteristischen Streifenkörper im Zentrum der kugligen Organe als Erzeuger der Phosphorescenz nachwies. Es gelang ihm diesen Streifenkörper zu isolieren und eine Lichtentwicklung auch noch nach der Operation zu beobachten.

Begreiflich, dass in der trefflichen Bearbeitung der vom Challenger erbeuteten Schizopoden, welche uns mit einer Fülle der interessantesten Formen bekannt macht, sich zahlreiche neue Angaben

1) Ueber einige Schizopoden etc. Messina's. Zeitschrift f. wiss. Zoologie, Bd. 13 S. 446.

2) Narrative of the Cruise of the Challenger, Vol. I, p. 743.

3) The Voy. of H. M. S. Challenger, Vol. XIII, Report on the *Schizopoda*, 1885, p. 70—72.

über die Gruppierung der Leuchtorgane finden. Wir entnehmen denselben, dass unter den Euphausien die Gattungen *Euphausia* Dana, *Thysanopoda* M. Edw., *Nyctiphanes* Sars, *Thysanoëssa* Brandt und *Nematoscelis* Sars mit vier thorakalen (je einem Paare an dem Basalgliede des zweiten und achten Thorakalfußpaares) und vier zwischen den vordersten Abdominalfußpaaren gelegenen unpaaren Leuchtorganen ausgestattet sind. Von Interesse ist weiterhin die Thatsache, dass der Gattung *Bentheuphausia* Sars mit ihren rudimentären Augen auch die Leuchtorgane fehlen, während bei der aberrantesten Euphausiengattung, nämlich bei *Stylocheiron* Sars nur drei Leuchtorgane (ein paariges Organ an der Basis des verkümmerten 8. Fußpaares und ein unpaares am ersten Abdominalsegment) vorkommen. Da gerade dieser Gattung *Stylocheiron* in den folgenden Zeilen noch öfter Erwähnung gethan wird, so hebe ich hervor, dass sie durch die Umbildung des dritten thorakalen Gliedmaßenpaares zu kräftigen in eine Scheerenhand auslaufende Raubfüße und weiterhin durch die monströse Entwicklung der Fühler ausgezeichnet ist. Wenn schon Sars über „the prodigious length of the antennal flagellum“ bei *Stylocheiron longicorne* erstaunt ist (das übrigens bei den Exemplaren der Challenger-Expedition verstümmelt war), so überbieten die von mir ¹⁾ in den Tiefen des Mittelmeeres und Atlantischen Ozeans erbeuteten neuen Arten *St. mastigophorum* und *St. chelifer* an übermächtiger Entwicklung der Antennen Alles, was Sars über die Challenger-Schizopoden mitteilt. Offenbar steht die verringerte Zahl der Leuchtorgane bei *Stylocheiron* in Korrelation mit der überraschend mächtigen Ausbildung des gesamten Spürapparates.

Noch in anderer Hinsicht bringen die Beobachtungen von Sars einen neuen Anschluss. Claus (l. c. p. 451) war nämlich bei Jugendformen der Euphausien auf ein Stäbchenbündel aufmerksam geworden, welches an der Unterseite der Stielangen gelegen ist und von einem Rahmen umgeben wird, in dessen Umkreis orange Pigment auftritt. Ueber die Bedeutung und Natur dieser Bildung vermochte Claus nichts Bestimmtes anzusagen. Sars weist nun nach, dass es sich hier wiederum um Leuchtorgane handelt, welche bei allen den oben erwähnten Gattungen (mit Ausnahme der blinden *Bentheuphausia*) in annähernd gleicher Ausbildung auftreten. In ihrem feineren Baue weichen sie freilich nicht unwesentlich von den thorakalen und abdominalen Leuchtorganen ab; auch ist das von ihnen ausstrahlende Licht intensiver und stetiger.

Im Hinblick auf die positiven Angaben von Murray und Sars und auf die bereits im Jahre 1829 publizierten Beobachtungen von J. V. Thompson, welch' letzterer zuerst auf die prächtige Phosphoreszenz der Euphausien aufmerksam wurde und geradezu (wenn

1) Die pelagische Tierwelt in größeren Meerestiefen, 1887. Bibl. Zoologica, Heft 1, Taf. IV, Fig. 1 (vergl. auch Sitzungsber. d. Akad. d. Wissensch. in Berlin, 1889, XXX, Taf. III Fig. 3 u. 4).

er auch den Sitz des Leuchtens nicht in die genannten Sinnesorgane verlegte) den Gattungsnamen „Noctiluca“ für die Gruppe vorschlug, muss es überraschen, dass der einzige Beobachter, welcher mit den Mitteln moderner Technik die Leuchtorgane studierte, nämlich Patten¹⁾, in einer phantasievollen Publikation zu der früheren Auffassung zurückkehrt. Nach Patten handelt es sich um echte Augen, welche die von Außen eingedrungenen Strahlen auf einem Tapetum, wie es vielfach für die sogenannten leuchtenden Augen von Dunkeltieren charakteristisch ist, reflektieren. Indessen bestätigen bereits in einem Zusatz zu der genannten Publikation Mayer und Giesbrecht die Angaben von Murray und Sars. Ich selbst hatte öfter auf nächtlichen Fängen Gelegenheit, mich von der brillanten Phosphorescenz der Euphausien-gattungen zu überzeugen und vermochte schon an der Zahl der bei dem Konservieren besonders intensiv glühenden Punkte zu beurteilen, ob ich Vertreter der Gattung *Stylocheiron* oder der übrigen Euphausien erbeutet hatte.

Indem ich nun versuche, eine Skizze vom feineren Bau der Leuchtorgane zu geben, wird es sich empfehlen zunächst die einfacher gestalteten Organe der Stielaugen in Betracht zu ziehen und dann die komplizierteren thorakalen und abdominalen Organe zu besprechen.

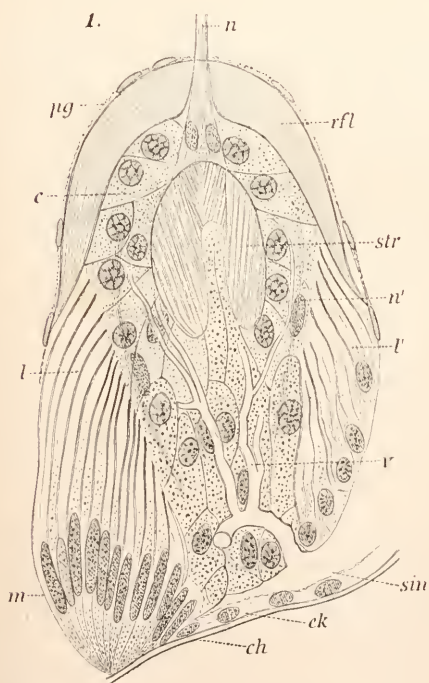


Fig. 1. Leuchtorgan des Stielauges von *Nematoscelis rostrata*. Längsschnitt.

1) Eyes of Molluscs and Arthropods. Mitteilungen aus der zool Station Neapel, Bd. 6, 1886, S. 687.

a. Die Leuchtorgane der Stielaugen (Fig. 1 u. 2).

An der hinteren Außenfläche des Facettenauges (als Außenfläche bezeichne ich die der Medianebene abgewendete, als Innenfläche die ihr zugekehrte Augenpartie), zwischen Augenstiel und der die äußersten Facetten abgrenzenden Pigmentschichte liegt bei den oben erwähnten Euphausiengattungen ein relativ ansehnliches konisches Leuchtorgan. Seine Hauptaxe steht bei *Euphausia* annähernd senkrecht zur Längsaxe des Körpers, während sie bei den übrigen Gattungen in einem Winkel von etwa 45° schräg zur Längsaxe gerichtet ist. Das Organ kann eine Länge von 0,2—0,4 mm bei einem Querschnitt von 0,12—0,2 mm erreichen. Die dem vierteiligen Ganglion opticum zugekehrte und abgerundete Innenfläche des Organes wird von einem mächtigen parabolisch gekrümmten Reflektor (*rfl*) eingenommen. Er setzt sich aus zwei getrennten Schalenhälften zusammen, welche vom Zentrum nach dem Rande zu kontinuierlich an Dicke abnehmen. Am Pole weichen die Schalenhälften, deren Trennungslinie bei der Aufsicht als feiner Spalt erscheint, etwas auseinander, um eine Oeffnung zu bilden, durch welche der Leuchtnerv (*n*) eintritt. Feine Lamellen, zwischen welche keinerlei zellige Elemente eingestreut sind, setzen als ein das Licht reflektierendes Tapetum den Reflektor zusammen. Bei dem Abblenden des Mikroskopes lässt sich an Glyzerinpräparaten das schwache Irisieren des Reflektors nachweisen.

Die Seitenteile des Leuchtorganes werden von einem Systeme konzentrisch geschichteter bandförmiger Lamellen (*l*) gebildet. Zwischen dieselben drängen sich die das Lamellensystem abscheidenden Zellen (*m*) mit ihren langgestreckten, der Peripherie des Stielauges zugekehrten Kernen ein. Bei *Stylocheiron* und *Nematoscelis* finde ich das Lamellensystem an der den Facetten zugekehrten Hälfte (*l*) mächtiger entwickelt, als an der gegenüberliegenden (*l'*); relativ schwach ist es bei *Euphausia* ausgebildet.

Als äußerste Schichte des Leuchtorganes ist auf dem Tapetum ein zinnberroter Pigmentmantel (*py*) entwickelt. Das Pigment ist ungemein empfindlich, blässt bei lebend beobachteten Tieren ab, sobald sie ermatten, und blieb bei keinem der angewendeten Konservierungsmittel erhalten. Wohl aber lassen sich deutlich die feinkörnigen polyedrischen Pigmentzellen mit ihren rundlichen Kernen nach der Konservierung nachweisen.

Den vom Reflektor und den bandförmigen Lamellen abgegrenzten Innenraum erfüllen zahlreiche von einander deutlich sich abgrenzende Zellen mit kugligen Kernen (*e*). Durch Druck platten sie sich polyedrisch ab, was indessen nicht ausschließt, dass sie hie und da mit unregelmäßigen Fortsätzen zwischen ähnlich gestaltete Nachbarzellen eingreifen. Die am Außenrande gelegenen Zellen, besonders aber die im Umkreis der Hauptaxe auftretenden sind lang gestreckt und mit mehr oder minder ovalen Kernen ausgestattet; zudem ist ihr plasma-

tischer Inhalt grobkörniger, als das ungemein fein granuliertes Plasma der dem Tapetum und dem Leuchtkörper anliegenden Zellen. Ein scharfer Gegensatz zwischen beiden Zellkategorien besteht indessen nicht, da sich mancherlei Zwischenformen nachweisen lassen. Offenbar scheiden die dem Reflektor anliegenden Zellen successive die dünnen Lamellen ab, aus welchen derselbe sich aufbaut, während wir die dem Außenmantel des sogenannten Streifenkörpers anliegenden Zellpartien als Bildnerinnen der Leuchtlamellen auffassen dürfen.

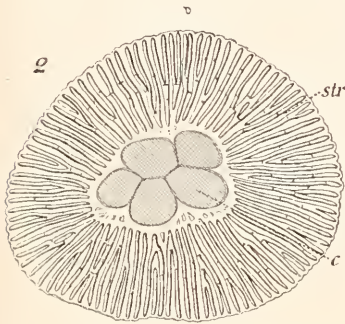


Fig. 2. Querschnitt durch den Streifenkörper von *Euphausia pellucida*.

Den wesentlichsten und charakteristischsten Bestandteil der Leuchtorgane gibt jenes zentral gelegene „Stäbchenbündel“ (fibrous fascicle) ab, dessen Claus und Sars bereits gedacht. Ich möchte indessen vorschlagen, diesen Ausdruck fallen zu lassen und ihn durch die zutreffendere Bezeichnung „Streifenkörper“ oder „Leuchtkörper“ zu ersetzen. Auf einem Querschnitt durch diese konische Bildung, welche nach der Entdeckung von Sars das phosphoreszierende Licht ausstrahlt, ergibt sich nämlich, dass wir es mit einem ungemein zierlich angeordneten System radiär ausstrahlender Lamellen zu thun haben (Fig. 2 *str*). Sie stoßen im Zentrum nicht zusammen, sondern lassen einen Raum frei, welcher von zylindrisch gestreckten Zellen (*c*) erfüllt wird. Die Lamellen können sich hier und da dichotom gabeln und kürzere Lamellen zwischen sich nehmen. Der beigegebene Holzschnitt mag besser als eine längere Beschreibung diese überraschend feine Bildung illustrieren. Die einzelnen Streifen sind an dem Rande gekerbt und stellen bei seitlicher Ansicht (im Längsschnitt) feinstreifige langgezogene Couliissen dar. Am Pole des kegelförmigen Streifenkörpers treten meist kürzere Couliissen auf, deren Streifen stärker konvergieren, als diejenigen der Seitencouliissen. Die kerbenförmigen Einschnitte, welche die Streifung bedingen, können so tief einschneiden, dass thatsächlich ein Zerfall der Couliissen in einzelne Strahlen herbeigeführt wird: ein Verhalten, welches ich bei *Euphausia gracilis* verwirklicht fand. Der Streifenkörper verhält sich gegen Reagentien ziemlich indifferent; auch tingiert er sich nur sehr schwach mit Farbstoffen. Am ansehnlichsten ist der Streifenkörper bei *Euphausia* entwickelt, wo er bei einer Länge von 0,2 mm den Innenraum des Organes

nahezu ausfüllt; nur halb so groß wird er bei *Stylocheiron* und *Nematoscelis*.

Am Pole des Reflektors findet sich eine trichterförmige Oeffnung vor, durch welche der Leuchtnerve (n) eintritt. Claus hat diese bereits bemerkt und vermutet, dass Blutgefäße durch sie hindurchziehen. Dass es sich indessen um einen Nerven handelt, ergibt nicht nur das histologische Verhalten, sondern auch sein Ursprung aus einem oberhalb des Leuchtorganes gelegenen Haufen von Ganglienzellen. Der Nerv verstreicht geraden Weges bis zum Pole des Streifenkörpers, wo ihm meist einige ovale Nervenkerne anliegen. Bei *Stylocheiron* und *Nematoscelis* gabelt er sich in der Nähe des Streifenkörpers und entsendet zahlreiche in der Längsrichtung verlaufende Aeste (n'), welche zwischen dem inneren Zellgewebe des Leuchtorganes verstreichen und hie und da durch Anastomosen sich verbinden. Ihre langgestreckten Nervenkerne heben sich scharf von den Kernen des Zellkörpers ab; außerdem markieren sich an Chromosmiumpräparaten deutlich die etwas gebräunten Fibrillenzüge zwischen den polyedrischen Zellen.

Sars hebt ausdrücklich hervor, dass die Leuchtorgane der Stielaugen im Gegensatz zu jenen des Thorax und Abdomens unbeweglich sind. Ich kann seine Angabe nicht bestätigen, da ich an jungen lebenden Exemplaren der *Euphausia gracilis* deutliche Drehungen der Leuchtorgane wahrnahm. Sie erfolgen derart, dass die Mündung des Organes schräg zur Längsrichtung des Körpers gestellt wird und demgemäß den austretenden Lichtkegel in die Region vor den Mundwerkzeugen fallen lässt. Thatsächlich ist es mir denn auch geglückt mit aller wünschenswerten Klarheit zahlreiche quergestreifte Muskelfasern nachzuweisen, welche von der hinteren Außenseite des Auges in sich kreuzenden Richtungen an das Leuchtorgan herantreten. Vergebens habe ich sie indessen bei *Nematoscelis* und *Stylocheiron* gesucht; hier scheint thatsächlich die freiere Bewegung des Stielauges einen Kompens für die mangelnde Eigenbewegung der Leuchtorgane abzugeben.

Die Drehung der letzteren wird übrigens dadurch erleichtert resp. ermöglicht, dass ein Blutsinus (sin) allseitig zwischen ihnen und den umgebenden Geweben ausgebildet ist. Er zeigt lediglich am Außenrande des Organes längs der angrenzenden Facetten eine Unterbrechung, weil hier die langgestreckten Matrixzellen (m) der Lamellen kontinuierlich in das Ektoderm übergehen.

Von dem die Außenwandung des Organes begrenzenden Blutsinus ($sin.$) aus erfolgt bei allen untersuchten Formen eine kapillare Gefäßverästelung in den inneren Zellkörper. Bei *Euphausia* treten die sich gabelnden Kapillaren seitlich ein, während sie bei *Stylocheiron* und *Nematoscelis* in der Hauptaxe gegen den Streifenkörper aufsteigen, um in dessen Nähe feinere Stämme zu entsenden, welche sich ziemlich weit gegen den Reflektor zu verfolgen lassen. Die Zahl der stärkeren

Kapillaren ist sehr schwankend (3 bis 6); sie münden gegen den Blutsinus zu in weite, unregelmäßig verstreichende Gefäßlakunen ein.

Das hier geschilderte Leuchtorgan der Augen ist seinem feineren Baue nach bisher unbekannt geblieben; was wir über dasselbe wissen, beschränkt sich auf die knappen Angaben von Claus und Sars über die bei schwächeren Vergrößerungen wahrnehmbaren Formverhältnisse.

b. Die thorakalen und abdominalen Leuchtorgane (Fig. 3).

Die an den Seitenwänden des Thorax und auf der Ventralfläche des Abdomens auftretenden Leuchtorgane unterscheiden sich von den Organen der Stielaugen wesentlich durch Einlagerung eines dioptrischen Apparates in Gestalt einer Linse. Im Allgemeinen sind sie kleiner als die Organe der Augen (0,1 mm bis 0,16 mm) und außerdem von kugliger Gestalt. Sie liegen allseitig von einem Blutsinus (*sin.*) umgeben in halbkugligen Vortreibungen der Chitinwandung (*ck* u. *ch*) und stimmen in den Grundzügen ihres Baues sowohl unter sich, wie auch bei den verschiedenen Gattungen überein. Gewöhnlich sind die an der Basis des 8. Fußpaares gelegenen Organe etwas größer als die übrigen.

Durchweg können sie durch Muskeln gedreht werden und zwar erfolgt bei den abdominalen Organen die Drehung lediglich in der Richtung der Medianebene. Daher kommt es, dass man an konservierten Exemplaren die Mündung der abdominalen Organe in den verschiedensten Richtungen bald nach vorn, bald nach unten oder hinten — nie aber nach links oder rechts — gewendet sieht. Die Organe des 8. Fußpaares kehren ihre Mündung schräg nach außen und hinten; sie werden in einer Ebene gedreht, welche einen Winkel von ungefähr 45° mit der Medianebene bildet. Diejenigen des 2. Fußpaares richten ihre Mündung meist rechtwinklig zur Medianebene nach Außen und werden in einer ungefähr senkrecht zur Medianebene gelegenen Ebene bewegt.

Der verschiedenen Stellungen und Drehungen der Organe habe ich deshalb ausführlicher gedacht, weil sie, wie späterhin dargelegt wird, in Korrelation mit der eigentümlichen Form des Tiefenauges stehen. Jedenfalls geht aus diesen Darlegungen hervor, dass die Euphausien bei Nacht und in den dunklen Tiefen mit bemerkenswerter Sicherheit durch die Phosphoreszenz der Leuchtorgane über Objekte orientiert werden, welche unterhalb, rückwärts und seitlich von dem Tiere sich befinden. Erwägt man weiterhin, dass bei energischen Schwimmbewegungen das Abdomen nach abwärts geschlagen wird, so ist es nicht ausgeschlossen, dass Lichtblitze auch die vor dem Tiere befindlichen Regionen erhellen. Hierzu gesellt sich nun noch der von den Organen des Stielauges ausgehende Glanz, welcher, wie aus ihrer Stellung resultiert, vorzüglich diejenigen Objekte beleuchtet, welche von den Thorakalfüßen als Beute gepackt werden. Wenn wir bedenken, dass bei *Nematoscelis* das zweite, bei *Stylocheiron* das dritte

Fußpaar zu mächtigen Raubfüßen mit Stiletten und Scheerenhänden umgebildet ist, so erhellt der Nutzen, welchen die stetige Phosphoreszenz der Augenorgane mit sich bringt. Da nun die letzteren durch Muskeln resp. durch die Bewegungen des Stielauges in verschiedene Stellungen gebracht werden, so scheint es mir nicht ausgeschlossen, dass gelegentlich der vom einen Auge ausgehende Lichtkegel durch die unteren und seitlichen Facetten des anderen Auges wahrgenommen wird.

Völlig ausgeschlossen ist es indessen, dass das Tier mit seinen Leuchtorganen die oberen Regionen erhellt. Objekte, welche sich über ihm oder steil aufwärts vor ihm befinden, wird es — falls es sich nicht umkehrt und die Bauchseite nach oben wendet — niemals durch seine Leuchtorgane belichten können. Der Umstand, dass die oberen Facetten des Schizopodenauges keine Strahlen zu perzipieren vermögen, welche das Individuum selbst erzeugt, mag es in erster Linie bedingt haben, dass gerade diese Partie des Auges von Umbildungen betroffen wird, welche bei den echten Tiefseeformen in besonderem Maße bemerkenswert sind.

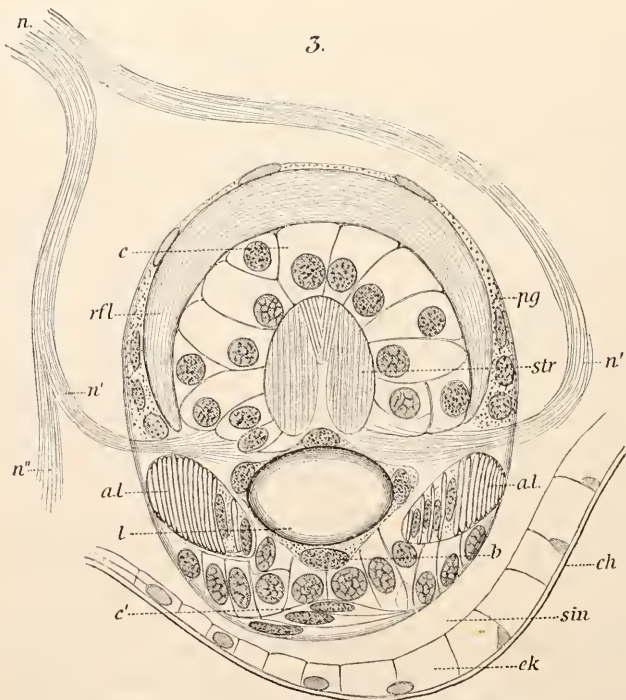


Fig. 3. Thorakales Leuchtorgan von *Nematoscelis rostrata*. Längsschnitt durch die Hauptaxe.

Was nun den feineren Bau der abdominalen und thorakalen Organe anbelangt, so gelingt es leicht, die den Organen der Stielaugen homo-

logen Partien herauszufinden, Ich fasse mich daher kürzer und bemerke zunächst, dass der Reflektor (*rf*) kuglig gekrümmt ist und nicht aus zwei Schalenhälften besteht. Auch fehlt ihm eine am Pole gelegene Oeffnung für Eintritt des Leuchtnerven. Er wird völlig umhüllt von der hochroten Pigmentlage (*pg*), deren Zellen deutlich nachweisbar sind.

Das Lamellensystem, welches an den Organen der Stielaugen die distalen seitlichen Partien begrenzt, ist zu einem Ringe (*a. l.*) umgebildet, welcher die Mündung des Reflektors umkreist. Zwischen den Lamellen des Ringes liegen die Matrixzellen mit ihren Kernen.

Die charakteristische Auszeichnung der Leuchtorgane des Körpers besteht in dem Auftreten einer homogenen, sehr stark das Licht brechenden Linse (*l*). Sie schwebt als Kugellinse (*Euphausia*), oder als Bikonvexlinse (*Nematoscelis*, *Stylocheiron*) in der Oeffnung des Ringes und wird von großen Zellen (*b*) abgeschieden, welche sich der Linse dicht anschmiegen.

Der Zellkörper (*c*), welcher den vom Reflektor, Ring und Linse begrenzten Innenraum ausfüllt, besteht aus polyedrischen Zellen mit großen kugligen Kernen. Meist ordnen sich die Zellen in zwei konzentrische Lagen an, deren äußere den Reflektor, deren innere den leuchtenden Streifenkörper (*str.*) abcheiden. Der letztere zeigt dieselben Verhältnisse, wie derjenige der Stielaugen, ist jedoch bedeutend kleiner. Bei *Nematoscelis* und *Euphausia* konisch gestaltet liegt er mit seiner Basis der Linse dicht an. Völlig kuglig erscheint er bei *Stylocheiron*; zudem konvergieren hier die Coullissen nach dem Zentrum.

Vor Linse und Ring bilden wiederum polyedrische Zellen (*c'*) (die Randzellen sind stark abgeplattet) den Abschluss der kugligen Organe.

Ueber die Art der Innervierung habe ich erst nach mühsamer Durchmusterung der Präparate an den Thorakalorganen Aufschluss erhalten. Hier geht nämlich ein Nerv (*n*) von dem entsprechenden Bauchganglion ab, um dann sich gabelnd mit beiden Aesten (*n'*) bogenförmig das Organ zu umgreifen und beiderseits zwischen der Mündung des Reflektors und dem Ringe in den Zellkörper einzustrahlen. Ein Teil des Nerven (*n''*) versorgt weiterhin noch die betreffende Extremität. Ein Nervenetz im Inneren des Zellkörpers konnte ich nicht nachweisen. Die von den Organen der Stielaugen abweichende Art der Innervierung mag vorwiegend durch ausgiebige Drehung, welcher die Organe von Seiten feiner an sie herantretender Muskeln unterworfen sind, bedingt sein. Die Axe, um welche die Organe gedreht werden, fällt gerade durch die beiden eintretenden Nervenäste: jede andere Art der Innervierung scheint wegen der unvermeidlich dann eintretenden Zerrungen des Leuchtnerven ausgeschlossen.

Die Aehnlichkeit der hier geschilderten Organe mit Linsenaugen ist so frappant, dass man die ältere Ansicht von Claus, es handle sich bei ihnen um „accessorische Augen“, leicht erklärlich findet.

Neuerdings wurde sie denn auch von Patten, dem einzigen Beobachter, welcher die Organe an Schnitten studierte, wieder zur Geltung zu bringen versucht. Ich kann indessen weder seine Schilderung für ausreichend erklären, noch vermag ich seiner ausführlich erörterten Ansicht beizustimmen. Patten hat weder die Pigmentlage gesehen (indem er die Angaben von Sars missversteht, verlegt er den Sitz des Pigmentes in die inneren „Retinazellen“) noch ist ihm die Struktur des Streifenkörpers und des Lamellenringes (er vermutet in ihm einen Ringmuskel) klar geworden, noch auch vermag er über die Innervierung positive Angaben zu machen. Trotzdem wird der Zellkörper einer Retina und der Streifenkörper einer Stäbchenlage gleich gesetzt und die Theorie aufgestellt, dass diese Organe mehr für die Absorption von Lichtenergie, als auf Wahrnehmung von Objekten berechnet sind. Es verlohnt sich nicht, diese Anschauungen eingehend zu erörtern und so erwähne ich nur, dass ein Linsenauge mit Ciliarmuskel eine für Arthropoden höchst fremdartige Bildung repräsentieren würde. Wo Linsen bei ihnen vorkommen, werden sie durch entsprechende Umbildung der äußeren Chitinlage hergestellt; nie lösen sie sich ab und rücken sie in die Tiefe. Wollte man durchaus an dem Vergleiche mit Augen festhalten, so könnte man die Linse nur einem Krystallkegel vergleichen und das Leuchtorgan einer modifizirten Einzelfacette homologisieren. Da Exner neuerdings ein Tapetum, wie es Leydig zuerst für die Arthropoden bekannt gemacht hat, im Facettenauge der Crustaceen nachwies, so wäre es denkbar, dass aus diesem sich der Reflektor hervorbildete. Aber auch diese Annahme, bei welcher natürlich der innere Zellkörper einer Retinula und der Streifenkörper einem modifizirten Rhabdom verglichen würde, stößt auf so mannichfache Bedenken — zumal bei Berücksichtigung der des dioptrischen Apparates entbehrenden Leuchtorgane des Auges — dass ich mich der Auffassung von Sars anschließe und die Leuchtorgane als Organe sui generis betrachte¹⁾.

1) Erst nach Niederschrift dieses Aufsatzes wurde ich mit dem Inhalt einer Publikation von R. Vallentin und T. T. Cunningham über die Leuchtorgane der Schizopoden vertraut (*The Photospheria of Nyctiphanes Norvegica*. Quart. Journ. Micr. Sc., Vol. XXVIII, 1888, p. 319).

Von Interesse sind vor Allem die eingehenden Studien über das Verhalten der Leuchtorgane an lebenden Tiere, aus denen hervorgeht, dass der Reflektor stark grünlich-rosa fluoresziert. Die Verfasser sind sogar geneigt (im Gegensatz zu Sars) den Reflektor selbst für den Sitz der Lichtentwicklung zu erklären. Indessen haben mich ihre Ausführungen nicht überzeugt, dass jenes blitzartige Aufleuchten, wie es gerade die für das Experiment verwerteten Linsenorgane anzeichnet, vom Reflektor ausgeht. Sie geben auch am Schlusse ihrer Darlegung zu, dass der helle Schein, welchen an zerquetschten Organen der Reflektor erkennen lässt, verschieden ist von den Lichtblitzen, welche das lebende Tier aus seinen Organen entsendet. Die Bedeutung des Streifenkörpers

II. Das Facettenauge.

Die Grundform des Facettenauges wird durch ein Kugelauge repräsentiert, dessen Einzelfacetten bei annähernd gleicher Größe radiär von einem idealen Zentrum ausstrahlen. Ein derartiges Stiel-Auge besitzt die Gattung *Euphausia*. Es gleicht in seiner Form und in der Anordnung der Facetten demjenigen der Flachwasser-Mysideen und so mag die treffliche Abbildung Grenacher's vom Auge der *Mysis* als Illustration für den Bau dieser Kugelaugen dienen.

Nicht unbeträchtlich weichen die Augen der Gattung *Thysanoëssa* und *Nematoscelis* (Fig. 4) von der gewöhnlichen Kugelform ab. Wie schon die Abbildungen von Sars im Challenger-Werke erkennen lassen, so teilt eine ringförmige Einschnürung das Auge in einen kleineren oberen und in einen unfänglicheren unteren Abschnitt. Das Auge erlangt also eine ungefähre Ähnlichkeit mit demjenigen einiger Libellen (*Cordulegaster*) und verwandter Insekten. Der obere Abschnitt des Facettenauges wird bei normaler Haltung des Tieres schräg nach vorn oder direkt nach oben gewendet: er vermag also, wie die Erörterungen auf S. 550 ergeben, keine Lichtstrahlen wahrzunehmen, welche von den Leuchtorganen des betreffenden Individuums ausgehen. Ihr Extrem erreicht die Zweiteilung des Auges bei *Stylocheiron* (Fig. 5), dessen oberer Abschnitt wie ein Teleskop über die seitlichen und unteren Regionen vorgeschoben erscheint. Gleichzeitig bedingt die mächtige Entwicklung des Ganglion opticum bei allen Arten mit ungleichmäßigem Bau der Augen eine der Konkavität des Cephalothorax zugekehrte Auftreibung. Ein nach den Seitenflächen verstreicher Ringwall (Fig. 4 w) (der auch bei *Euphausia* schwach entwickelt ist) grenzt schon äußerlich die facettierte Partie von der ganglionären ab.

Längsschnitte (d. h. parallel der Medianebene geführte Schnitte) zeigen nun, dass das Vorwölben des oberen Abschnittes durch eine Verlängerung und Verbreiterung der betreffenden Facetten bedingt wird.

Da nun auch gleichzeitig der aus vergrößerten Facetten bestehende Abschnitt durch einen Pigmentmantel von den seitlichen Facetten sich

wäre uns thatsächlich rätselhaft, wenn er nicht den Sitz der intensiven Lichtentwicklung darstellte.

Was den morphologischen Teil der Mitteilungen betrifft, so glaube ich einen detaillierteren Einblick gewonnen zu haben. Am wenigsten befriedigt die Darstellung der Augenorgane. Die Verfasser haben das Lamellensystem unterhalb des Reflektors übersehen und die Zusammensetzung des letzteren aus 2 Schalenhälften nicht erkannt. Vor Allem ist ihnen außer der Gefäßverzweigung auch die Innervierung entgangen und der feinere Bau des Streifenkörpers mit seinem Lamellensystem verborgen geblieben.

Zutreffender als Patten schildern sie hingegen die thorakalen und abdominalen Organe, wenn ihnen auch u. A. die Art der Innervierung verborgen blieb.

abgrenzt und ein einheitliches Ganzes bildet, so gebe ich der Zweiteilung des Auges der Tiefsee-Schizopoden dadurch Ausdruck, dass ich ein „Frontauge“ (mit vergrößerten Facetten) von dem „Seitenaug“ unterscheide.

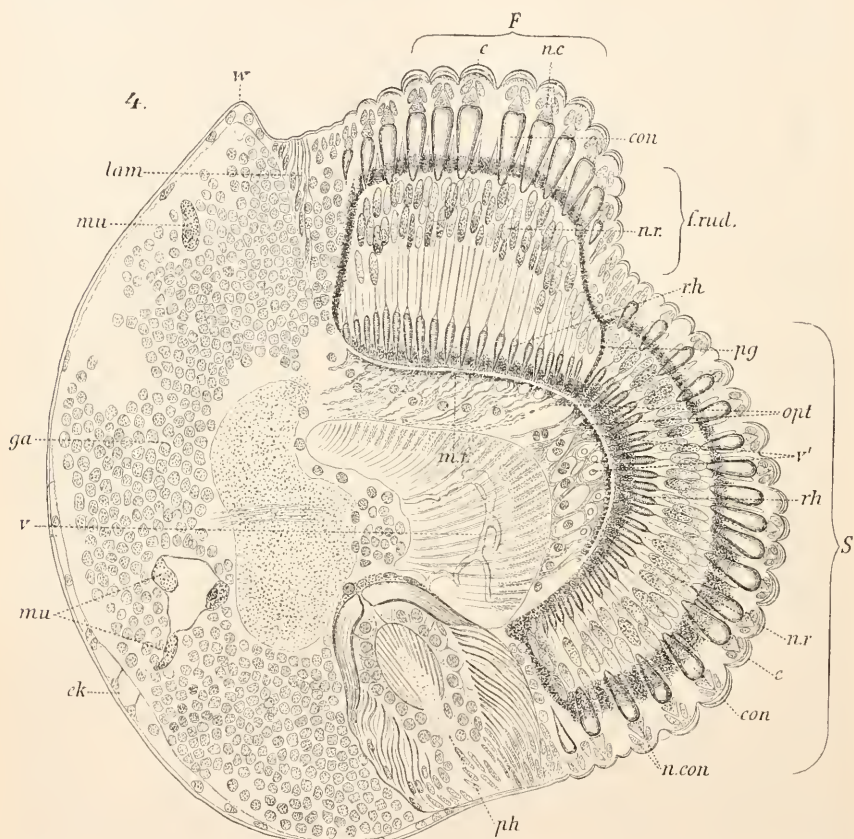


Fig. 4. Längsschnitt durch das Stielauge von *Nematoscelis rostrata*. *ph* Leuchtorgan.

Bei *Thysanoëssa gregaria* und *Nematoscelis rostrata* ist der Unterschied in der Länge weniger auffallend, insofern die mittleren Facetten des Frontauges (*F*) etwa $1\frac{1}{2}$ mal größer sind als diejenigen des Seitenauges. Auch die Grenze zwischen Front- und Seitenaug hebt sich hier weniger scharf ab; aber immerhin zeigen bereits hier die Grenzfacetten des Frontauges die Eigentümlichkeit, dass sie rückgebildet werden und der Krystallkegel entbehren (*f. rud.*). Gleichzeitig fällt es auf, dass die Facetten des Seitenauges von dem Frontauge an bis gegen das Leuchtorgan kontinuierlich an Länge zunehmen.

Sehr auffällig ist der Unterschied zwischen Front- und Seitenaug bei *Nematoscelis mantis*, der größten bisher bekannt gewordenen Nematoscelide, welche ich in den Tiefen des östl. Atlantischen Ozeans

auffand. An dem schönen Auge derselben messen die Facettenglieder des Frontauges (von dem Cornearande bis zur gefensterten Membran gerechnet) 0,6 mm, während diejenigen des Seitenauges 0,18—0,3 mm lang werden. Hier übertreffen die ersteren um das Doppelte und Dreifache an Länge die letzteren.

Die extremste Ausbildung des Frontauges tritt bei der Gattung *Stylocheiron* hervor. Auch hier markieren sich die verschiedenen Etappen in der Umbildung durch die Arten *St. abbreviatum* Sars., *St. chelifera* Chun und *St. mastigophorum* Chun. Ich glaube wohl nicht zu weit zu gehen, wenn ich das in Fig. 5 dargestellte Auge von *Stylocheiron mastigophorum* als das in morphologischer wie physiologischer Hinsicht bemerkenswerteste Stielauge aller Arthropoden in Anspruch nehme. Die Facettenglieder des Frontauges erreichen hier die ungewöhnliche Länge von 0,6—0,75 mm (den Maßen sind Schmitze durch ein großes Auge zu Grunde gelegt) während diejenigen des Seitenauges 0,17—0,26 mm messen.

Die letzteren werden um das Drei-, ja selbst Vierfache an Länge von den Facettengliedern des Frontauges überboten! Gleichzeitig nimmt auch die Breitendimension der Frontfacetten zu; sie sind bei *St. mastigophorum* an der Cornea 0,05 mm breit, während die gleichen Maße für die Seitenfacetten 0,025—0,03 mm betragen.

Ein Umstand, dessen wir bereits oben gedachten, nämlich die Rückbildung der Randfacetten des Frontauges, tritt bei *Nematoscelis mantis* und bei den *Stylocheiron*-Arten in sinnfälliger Weise hervor. Hier fehlen einer reichen Zahl von Randfacetten die Krystallkegel und an ihre Stelle tritt ein aus feinen Schüppchen bestehendes Tapetum (Fig. 5 *tap.*). Höchst auffällig aber ist es, dass die zugehörigen Rhabdome in voller Ausbildung persistieren: ein Verhalten, dessen physiologischer Wert später noch gewürdigt werden soll. Auch die langgestreckten und dicht aneinander gedrängten Retinakern (*n'*) sind erhalten.

Was nun zunächst die Eigentümlichkeiten des Auges der Euphausien im Vergleiche mit jenem der bisher allein genauer erforschten Mysideen anbelangt, so reduzieren sie sich im Wesentlichen darauf, dass ihnen durchweg Pigmentzellen zwischen den Rhabdomen fehlen. Das Retinapigment wird bei den Euphausien durch eine Pigmentierung der Retinazellen selbst im Umkreise der Rhabdome ersetzt; eine Pigmentierung, welche auch auf die Ramifikationen des Sehnerven unterhalb der gefensterten Membran übergreifen kann. In hohem Maße bemerkenswert und charakteristisch für alle echten Tiefseeformen, nämlich für *Nematoscelis mantis* und für alle *Stylocheiron*-Arten ist nun der Umstand, dass hier das Retinapigment sowohl am Front-, wie am Seitenauge vollkommen fehlt. Jeglichen Pigmentes baur, welches wie ein Schleier bei den bisher bekannt gewordenen Arthropoden die lichtempfindlichen Apparate verhüllt, treten die Rhabdome in unerwarteter Klarheit und Pracht dem Beobachter entgegen. Bevor wir nun den

physiologischen Wert des Pigmentmangels erörtern, in dem gerade ein hervorragender Zug des Facettenauges der Tiefseeformen sich kund

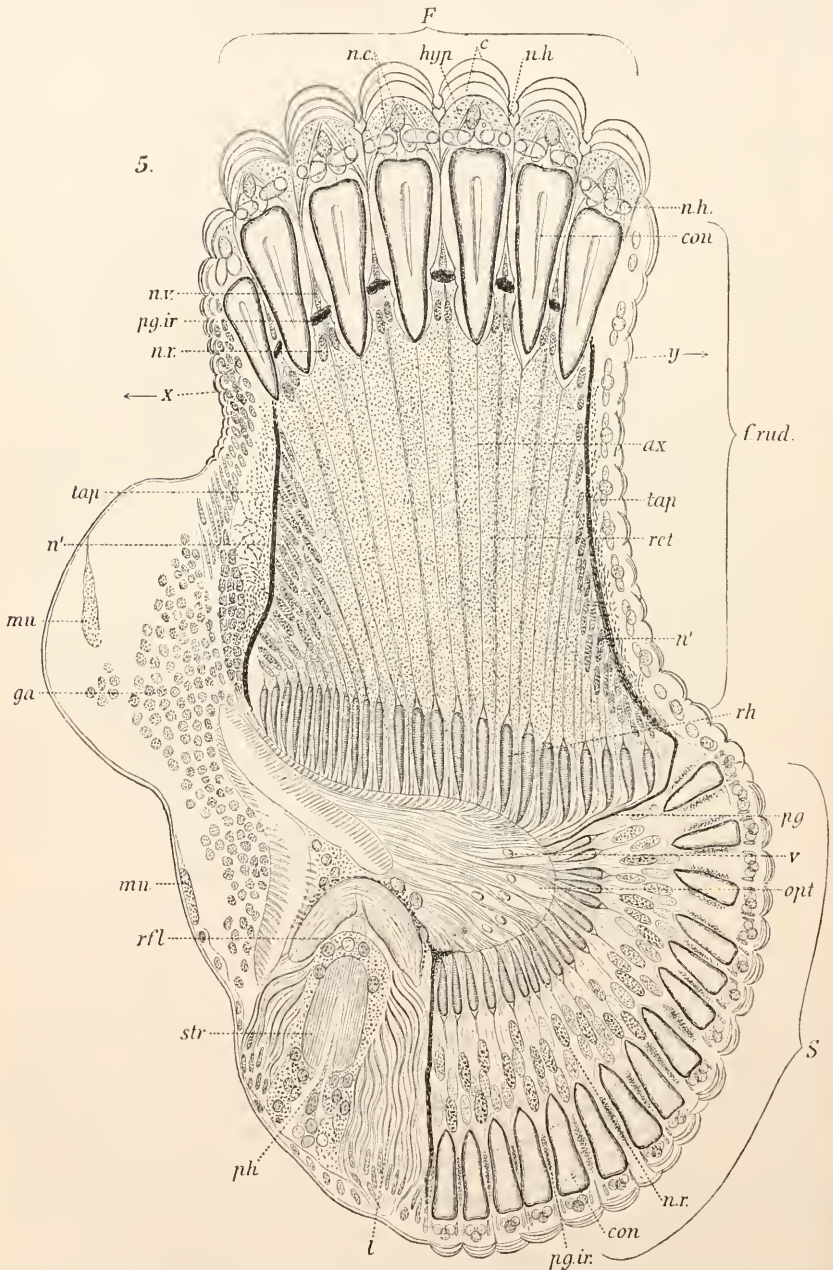


Fig. 5. Aequatorialer Längsschnitt durch das Stielauge von *Stylocheiron mastigophorum*. Die Linie $x \dots y$ deutet die Richtung des Querschnittes Fig. 7 an.

gibt, sei es gestattet, noch des feineren Baues der Einzelfacetten („Facettenglieder“ Exner) zu gedenken.

Bau der Facettenglieder.

Meine Untersuchungen ergaben mir mehrfache Korrekturen der bisher über Schizopoden bekannt gewordenen Verhältnisse und zeigen, dass die Facetten derselben in ihrem Baue viel inniger mit jenen der Dekapoden übereinstimmen, als man annahm.

Die chitinige Cornea (*c.*) ist am Auge der *Euphausia* ganz flach gewölbt, während sie bei allen übrigen Gattungen eine für Wassertiere fast befremdliche konvexe Krümmung erkennen lässt. Am stärksten — nahezu halbkuglig ausgebildet — tritt sie am Frontauge entgegen. Ganz konstant setzt sich die Cornea aus mindestens zwei schalenförmig ineinandergreifenden Lamellen zusammen. Ich glaubte anfänglich, dass es sich um eine Häutung handle, überzeugte mich indessen späterhin, dass die beiden Lamellen am Ringwall zusammenfließen und eine bleibende Eigentümlichkeit der Cornea abgeben. Gelegentlich können zwischen den dickeren Lamellen oder äußerlich ihnen aufliegend noch gesonderte dünnere auftreten, so dass die Cornea der Einzelfacette aus mehreren konzentrisch ineinander geschichteten Schalen sich aufbaut; ein Verhalten, welches für den Gang der Lichtstrahlen sicherlich nicht irrelevant ist.

Die Bildungszellen der Cornea (Fig. 5 u. 6 *hyp.*) wurden auch von den neueren Beobachtern, unter denen ich speziell auf Parker¹⁾ hinweise, übersehen. Sie liegen zu zweien daehförmig über den Krystallzellen und sind durch auffällig blasse sichelförmig gekrümmte Kerne (*n. h.*) charakterisiert. Die letzteren sind äquatorial gelagert und be-

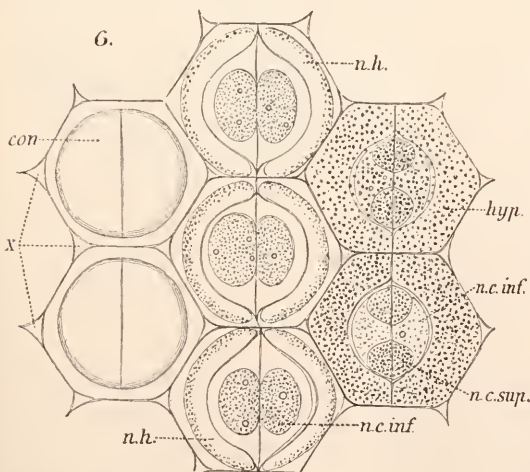


Fig. 6. Querschnitte durch die distale Partie der Facettenglieder von *Styloch. mastigophorum* (Frontauge). Die beiden rechten Facetten zeigen die Hypodermis- und Krystallzellen in der Aufsicht; die drei mittleren sind in der Höhe der Hypodermiskerne, die beiden linken in der Höhe der Krystallkegel geschnitten. *x* Stellen, an denen auf tieferen Schnitten die Kerne der Scheidenzellen und Pigmentzellen liegen.

1) The compound eyes in Crustaceans. Bull. Mus. Comp. Zool Cambridge, Vol. XXI, 1891.

rühren sich nahezu mit ihren einander zugekehrten Polen da, wo die Krystallkegel durch eine trennende Fläche in zwei Hälften geschieden werden.

Da man die Bildungszellen der Kornea mit ihren allerdings schwer wahrnehmbaren Sichelkernen bisher übersah (nur Grenacher scheint sie in seiner Fig. 112 anzudeuten), so hat sich allgemein die Auffassung eingebürgert, dass von jenen vier krenzweise über dem Krystallkegel angeordneten Kernen (*n. c.*) zwei den Bildungszellen der Cornea, zwei den eigentlichen Krystallzellen zugehören. Nach meinen Befunden ergibt es sich indessen unzweifelhaft, dass den Schizopoden ebenso wie den Dekapoden vier Krystallzellen zukommen. Die beiden unteren Krystallzellen mit ihren fein granulierten halbmondförmigen Kernen (Fig. 6 *n. c. inf.*) scheiden die zentralen Partien der Krystallkegel ab und bedingen gleichzeitig die erwähnte Zweiteilung derselben, während die oberen Zellen mit gröber granulierten birnförmigen Kernen (*n. c. sup.*) zur Verdickung der Kegelwandung beitragen, indem sie mit ihrem Rande die inneren Krystallzellen umgreifen. Bei den Dekapoden liegen die 4 Krystallzellen in einer Ebene und dadurch wird es bedingt, dass die Kegel viergeteilt erscheinen: meines Erachtens der einzige und dabei nicht einmal wesentliche Unterschied zwischen den Facettengliedern beider Gruppen.

Die Krystallkegel (*con.*) weisen eine flache, bisweilen leicht napfförmig vertiefte distale Basis und einen scharf zugespitzten proximalen Pol, vor dem meist eine sanfte ringförmige Striktur kenntlich wird, auf. Sie sind zweigeteilt und lassen namentlich bei *Euphausia* einen stärker lichtbrechenden Kern und schwächer lichtbrechenden Mantel erkennen, ähnlich, wie dies Exner von den mit dem Mikrorefraktometer untersuchten Kegeln der Nachtschmetterlinge darstellt. Im Frontange von *Stylocheiron* erreichen sie eine Länge von 0,17 mm.

Die wabenförmigen Scheidewände der sechssteitigen Facettenprismen werden zwischen den Krystallkegeln von Zellen hergestellt, deren Kerne zwischen den Kanten der Prismen gelegen sind. Parker nennt diese Zellen „obere Retinulazellen“. Meines Erachtens haben sie keine Beziehung zu der Retina und so schlage ich vor, diese Bezeichnung fallen zu lassen und sie durch die zutreffendere Benennung „Scheidenzellen“ zu ersetzen. Ihre Kerne liegen dicht unter den Sichelkernen; im Frontange von *Stylocheiron* (Fig. 5 *n. v.*) rücken sie hingegen als lang oval gestreckte Kerne tiefer herab bis in die Nähe der Pigmentzellen.

Die oberen Pigmentzellen (*pg. ir.*) oder das „Irispigment“ Exner's ergänzen in proximaler Richtung die von den Scheidenzellen hergestellten Wände. Ihre großen ovalen Kerne liegen ebenfalls zwischen den Kanten je dreier Prismen. Die Pigmentzellen umscheiden sowohl an dem Front- wie an dem Seitenauge die untere Hälfte, bisweilen auch zwei Drittel der Krystallkegel und lassen nur den zugespitzten

Pol frei. An dem Frontauge von *Stylocheiron* sind sie hingegen auffällig flach und bilden sie vor dem zugespitzten Pol der Krystallkegel einen schmalen Pigmentring.

Was schließlich die perzipierenden Elemente des Auges anbelangt, so ist man über die Zahl der eine Retinula (*ret*) zusammensetzenden Sehzellen bei den Schizopoden noch nicht sicher orientiert. Parker ist in seiner fleißigen Publikation der Wahrheit sehr nahe gekommen, indem er 8 Sehzellen als Konstituenten einer Retinula annimmt, von denen eine rudimentär entwickelt sei. Thatsächlich sind ebenso wie bei Dekapoden 7 Sehzellen um ein Rhabdom gruppiert. Diese Verhältnisse treten namentlich am Frontauge so klar und übersichtlich hervor, dass ich mir nicht versagen kann einen Querschnitt durch das Frontauge von *Stylocheiron mastigophorum* genau nach mikrophotographischer Aufnahme zu reproduzieren (Fig. 7). Er ist dicht unterhalb der Krystallkegel geführt, zeigt am Rande noch die Lücken, in welchen die Spitzen der Kegel steckten und lässt in seinen zentralen Partien deutlich das Zusammentreten von je 7 Retinazellen zu einem sechsseitigen Prisma erkennen.

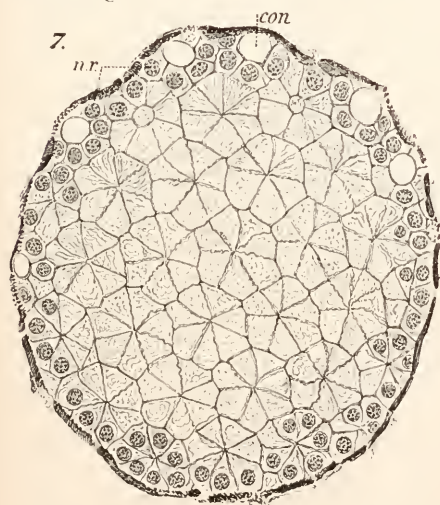


Fig. 7. Querschnitt durch das Frontauge von *Stylocheiron mastigophorum* in der Höhe der Linie *x . . . y*. Fig. 5.

Die ovalen Kerne der Sehzellen (*n. r.*) erfüllen an den Seitenaugen meist den ganzen Zwischenraum zwischen Rhabdomen und Krystallkegeln; bei *Euphausia* und an den Frontaugen von *Thysanoëssa* und *Nematoscelis rostrata* bleibt das innere Drittel resp. Hälfte der Sehzellen frei von Kernen und endlich rücken sie am Frontauge von *Nematoscelis Mantis* und *Stylocheiron mastigophorum* in die Höhe der Krystallkegel, um hier in eine Ebene gestellt ringförmig die Kegelspitze zu umgeben. An dem Holzschnitte Fig. 7 sind an den Randfacetten teilweise die Kerne der Sehzellen ersichtlich. Im Umkreis der Rhabdome findet man braunschwarze Pigmentkörner, wie oben angedeutet wurde, in die Sehzellen der *Euphausia*-Arten, der *Nematos-*

celis rostrata (Fig. 4) und *Thysanoëssa gregaria* eingestreut. Völlig pigmentfrei sind hingegen die Retinazellen von *Nematoscelis Mantis* und der *Stylocheiron*-Arten.

Die Rhabdome (*rh.*) lassen bei den einzelnen Arten mancherlei Verschiedenheiten in ihrer feineren Plättchenstruktur erkennen, auf die ich indessen hier nicht eingehe. Sie sind durchweg vierteilig (bei Behandlung mit schwächeren Chromsäurelösungen findet man sie oft in ihrer ganzen Länge in die 4 Abschnitte gespalten) und bald stabförmig, bald keulenförmig gestaltet. An ihrem proximalen Ende laufen sie sich zuspitzend in einen fadenförmigen Fortsatz aus, der bis zur Basalmembran reicht und an den Rhabdomen der Seitenfacetten (namentlich an jenen der rückgebildeten Facetten des Frontauges) in einem stumpfen Winkel sich absetzt. Die durch die Zusammensetzung aus Plättchen bedingte Querstreifung ist am feinsten bei *Stylocheiron* und *Nematoscelis*, am größten bei *Euphausia* ausgebildet.

Im Zentrum der 7 Retinulazellen zieht sich, wie schon Grenacher bei *Mysis* beobachtete, ein feiner, stark lichtbrechender Axenfaden (*ax*) von der Kuppe des Rhabdoms bis zur Spitze der Krystallkegel hin. Grenacher neigt der Auffassung zu, dass der Faden eher in Beziehung zu den Krystallkegeln stehe, denn zu den Rhabdomen und auch Parker stimmt dieser Ansicht bei, indem er geneigt ist, ihn für einen fadenförmigen Fortsatz der Kegel zu erklären. Nach meinem Dafürhalten repräsentiert er entschieden eine den Retinazellen zugehörige Bildung, welche dem stark verdünnten Distalabschnitt der Rhabdome vieler nächtlich lebender Arthropoden homolog ist. Der Axenfaden schmiegt sich mit kappenförmig verbreiteter Basis der Kuppe der Rhabdome an und endet in einen (bei *Thysanoëssa* besonders schön entwickelten) trichterförmigen Abschnitt, welcher die Spitze der Krystallkegel konzentrisch umfasst, ohne indessen in organischen Zusammenhang mit ihnen zu treten. Die Trichterbildung wird dadurch erklärlich, dass die Retinulazellen in der Höhe der Kegelspitzen auseinanderweichen und trichterförmig die letzteren umfassen. Der Axenfaden liegt demgemäß in seiner ganzen Länge im Zentrum der 7 Retinazellen und steht außer Komplex mit den Krystallkegeln und Krystallzellen.

Eine von Grenacher und meiner Auffassung durchaus abweichende Anschauung hat sich Patten über den gelegentlich zu einem dünnen Faden reduzierten Rhabdomabschnitt gebildet. Nach ihm bildet er das Bindeglied zwischen dem basalen Rhabdomabschnitt und den Krystallkegeln; er steht nicht nur mit dem ersteren, sondern auch mit den Kegeln in organischer Verbindung. Auf Grund dieses vermeintlich sicher gestellten Befundes werden die Krystallkegel als die distalen Verbreiterungen des Stäbchenelementes, als die perzipierenden Elemente, in Anspruch genommen.

Selbstverständlich erhalten in konsequenter Durchführung dieser Ansicht die einzelnen Elemente des Facettengliedes andere Deutung

und Bezeichnung. Vor Allem macht Patten, indem er den fadenförmigen Proximalteil des Rhabdome für einen Axialnerven erklärt, welcher vom Rhabdom bis zu den Krystallkegeln hinzieht, auf komplizierte quere Nervenfibrillenzüge in den Krystallkegeln aufmerksam, welche die wahren perzipierenden Endelemente darstellen sollen. Das Rhabdom erweist sich nach Patten als ein proximaler Fortsatz der Krystallkegel und die Krystallzellen sind die wahren Retinazellen.

Auf diese Befunde hin wird die Müller'sche Theorie des musischen Sehens, wie sie von Grenacher und Exner — wenn auch für manche Fälle modifiziert — eingehender begründet wurde, für einen überwundenen Standpunkt erklärt. Jeder Krystallkegel, also jede Einzelfacetten, perzipiert ein umgekehrtes von der Cornea entworfenes Teilbild der Umgebung und die alte Gottsche'sche Hypothese wird auf die neuen histologischen Ergebnisse hin wieder zu Ehren gebracht.

Die Ansichten Patten's, bewundert von Manchen, welche, dem modernen Zuge folgend, in der Erforschung feinsten histologischer Details das alleinige Ziel zoologischer Bestrebungen erblicken, sind freilich wie ein Blendfeuerwerk versprüht. Keiner der neueren Beobachter hat die Nervenetze der Krystallkegel gesehen und Manche — so z. B. Watase und Viallanes — haben sich noch speziell bemüht, den Nachweis zu führen, dass Krystallkegel und Rhabdome durchaus differente Bildungen repräsentieren, welche in keinem organischen Zusammenhang stehen. Wenn wir noch hinzufügen, dass Patten in einer neueren Mitteilung sich nicht von dem Zusammenhang der Rhabdome und Krystallkegel bei Insekten überzeugen konnte, so dürfen wir es wohl mit Genugthuung begrüßen, dass die Anschauungen von Grenacher und Exner allmählich allgemein Eingang finden.

Es würde über den Rahmen dieser Mitteilung hinausgehen, wenn ich noch der ganglionären Elemente des Auges (*ga*), der Gefäßverzweigung (*va*) und Muskel-Insertionen (*mu*) — so viel Interessantes auch diese Verhältnisse bei den einzelnen Arten darbieten — gedenken wollte. Ich begnüge mich daher mit dem Hinweis, dass die Faserstränge des Sehnerven (*opt*) (zwischen denen ein kapilläres Gefäßnetz (*v'*) entwickelt ist) allseitig in die Retina unter Durchbohrung der Basalmembran einstrahlen. Sie verleihen dem Proximalabschnitt der Retinulazellen längs der Rhabdome ein feinstreifiges Ansehen; oberhalb der Rhabdome verschwindet allmählich die fibrilläre Streifung.

Schließlich sei noch erwähnt, dass ein breites aus feinen verfilzten Fasern gebildetes Band von dem Ringwall längs der hinteren Fläche des Frontauges von *Stylocheiron* hinzieht und bis zum Leuchtorgan verstreicht. Schwach entwickelt tritt es mit den zwischenliegenden, die Fasern ausscheidenden Zellen bei *Nematoscelis* hervor (Fig. 4 und Fig. 8 *lam.*).

Der Sehvorgang im Auge der Tiefsee-Schizopoden.

Die Augen der Euphausien erfüllen alle Bedingungen, welche nach den feinen Beobachtungen Exner's notwendig sind für das Zustandekommen eines Superpositions-Bildes, d. h. eines aufrechten Bildes, bei dem die den einzelnen Facettengliedern zugehörigen Lichtmassen in der Ebene der Netzhaut zu einem großen Teile übereinander fallen. Es darf von vornherein erwartet werden, dass ein Superpositionsbild, welches vor dem (den Joh. Müller'schen Vorstellungen entsprechenden) Appositionsbild den Vorzug größerer Lichtstärke aufweist, im Auge jener Crustaceen Verwertung findet, welche in den dunklen Tiefseeregionen schweben. In besonderem Maße trifft dies für die Frontaugen von *Nematoscelis Mantis* und der Gattung *Stylocheiron* zu, welche bei der enormen Vergrößerung der Facettenglieder, bei der weiten Entfernung zwischen den Linsenzylindern und Rhabdomen und bei dem Mangel eines Retinapigmentes in vollendeter Weise die Charaktere von Dunkeläugen erkennen lassen. Die genannten Frontaugen sind überhaupt die vollkommensten Dunkeläugen, von denen wir bis jetzt Kenntnis haben und so dürfte es angezeigt sein, einige biologische Bemerkungen über dieselben einzuflechten.

Zunächst verdient die bemerkenswerte Thatsache Erwähnung, dass das Auge der Tiefsee-Euphausien in zwei Abschnitte zerfällt, deren einer — das Seitenauge — die von den Leuchtorganen belichteten Objekte wahrnimmt, deren anderer — das Frontauge — Gegenstände sieht, welche von den Lichtkegeln der dem betreffenden Individuum zukommenden Leuchtorgane nicht getroffen werden. Ich verweise in dieser Hinsicht auf die obigen Bemerkungen über die Drehungen der Leuchtorgane, welche es ausgeschlossen sein lassen, dass die vom Tiere selbst erzeugte Phosphorescenz dem Frontauge direkt dienstbar gemacht wird. Das Frontauge wird, falls die in seinen Gesichtskreis gelangenden Organismen nicht phosphoreszieren, im Allgemeinen nur schattenhaft verschwommene Umrisse wahrnehmen. Dies gilt in besonderem Maße für das Frontauge von *Stylocheiron mastigophorum*, welches bei der geringen Zahl von 30—40 Facettengliedern und bei den relativ weiten Zwischenräumen zwischen den Rhabdomen schwerlich ein detailliertes Bild wahrzunehmen vermag. Weit günstiger ist das große Frontauge von *Nematoscelis Mantis* mit etwa 300 Facettengliedern und den dicht aneinander gedrängten Rhabdomen für Perzeption spezialisierter Bilder eingerichtet.

In jeder Hinsicht sind die Seitenaugen mit ihren Tausenden schmaler Facettenglieder, welche nahezu eine Kugelschale bilden, für Wahrnehmung nicht verzerrter und detaillierter Bilder am günstigsten gestellt.

Exner verdanken wir außer seinen Darlegungen über die Dioptrik der Facettenglieder auch noch die interessante Entdeckung der Pigmentwanderung im Licht- und Dunkelauge. Er weist darauf hin, dass bei

allen Arthropoden, welche mittels Superpositionsbilder im Hellen und im Dunkeln sehen, sinnfällige Verschiebungen des Iris- und Retinapigmentes stattfinden. Bei der Belichtung wandert das Irispigment nach hinten (in proximaler Richtung), während umgekehrt das Retinapigment (oft aus den unterhalb der Retina gelegenen Schichten) bei Crustaceen aufsteigt und die vorderen Enden der Rhabdome umscheidet. Die Folge ist, dass ein großer Teil der einfallenden Strahlen im grellbelichteten Auge absorbiert wird, während sie umgekehrt im Dunkelauge ungehindert die Retina durchsetzen.

Mit Exner's Befunden stimmen sehr wohl die unabhängig von ihm angestellten Experimente von Frl. Szezawinska¹⁾ an Crustaceenaugen überein. Da ich selbst Gelegenheit hatte, die Präparate der genannten Dame zu studieren und mich von der exakten Durchführung der Experimente zu überzeugen, so kann ich in jeder Hinsicht den Ausspruch Exner's bestätigen, dass die Facettenaugen sich in höherem Grade durch ihre Pigmentwanderungen den verschiedenen äußeren Helligkeiten anpassen, als es das Wirbeltierauge durch seine Iris vermag.

Wenn wir uns nun an der Hand der Exner'schen Ergebnisse die Bedingungen versinnlichen, unter denen pelagische Organismen ihre Lebensarbeit verrichten, so dürfen wir von vornherein erwarten, dass Pigmentverschiebungen nur solchen zukommen, welche an der Oberfläche leben oder gleichzeitig an der Oberfläche und in der Tiefe verbreitet sind, dass hingegen bei allen echten Tiefenbewohnern Pigmentverschiebungen in Wegfall gekommen sind resp. dass die Pigmentverteilung in der für das Dunkelauge charakteristischen Anordnung durchgeführt ist. In denkbar vollkommener und wegen ihrer unerwarteten Sinnfälligkeit mir geradezu überraschender Weise ist dies Verhalten an den Augen von *Nematoscelis Mantis* und der *Stylocheiron*-Arten durchgeführt: Das Retinapigment, welches ja überhaupt funktionell für Tiefseeorganismen belanglos wäre, ist in Wegfall gekommen und das Irispigment zeigt konstant die Dunkelstellung. Ich habe nun früher darauf hingewiesen, dass gelegentlich diese Tiefseeformen auch vereinzelt bis an die Oberfläche gelangen und habe auch auf die Bedingungen aufmerksam gemacht, unter denen dies geschieht. Indem ich bezüglich der letzteren auf meine früheren Ausführungen verweise²⁾, bemerke ich, dass ich die Augen der von mir bei Tage an der Oberfläche (bei den Canarischen Inseln) erbeuteten Exemplares von *Stylocheiron mastigophorum* in Schnitte zerlegte, ohne indessen eine Verschiebung des Irispigmentes wahrzunehmen. Sicherlich schwebte das Exemplar so lange in intensiv belichteten Regionen, dass Pigment-

1) Contrib. à l'étude des yeux de quelques Crustacés. Arch. de Biologie, Vol. X, 1891. (Vergl. namentlich die Figuren 1 u. 2 Taf. XVI und 1, 2, 10, 11 Taf. XVII.)

2) Sitzungsber. d. Akad. d. Wissensch., Berlin 1889, XXX, S. 550.

wanderungen hätten eintreten müssen, falls sie überhaupt dem Tiere zukämen. Ebenso habe ich die bei Tag und zwar bei greller Belichtung mit den Tiefennetzen erbeuteten Exemplare mit jenen verglichen, die ich bei nächtlichen Zügen fing (die Protokolle der Fänge enthalten alle hierauf bezüglichen Daten), ohne dass Differenzen sich ergeben hätten.

Das Auftreten von Retinapigment in der Umgebung der Rhabdome und längs der Sehnervenäste bei den *Euphausia*-Arten, bei *Nematoscelis rostrata* und *Thysanoëssa gregaria* deutet hingegen darauf hin, dass diese Organismen sich gelegentlich in belichteten Regionen aufhalten.

Wenn nun die hier geäußerten Darstellungen das Richtige treffen — und ich werde noch darauf hinweisen, dass sie mit den Ergebnissen über die vertikale Verbreitung pelagischer Organismen in Einklang stehen — so gelingt es ein untrügliches Merkmal für die Augen der Tiefsee-Crustaceen in der Verteilung des Pigmentes zu erkennen. Ich darf es geradezu als das wesentliche Ergebnis meiner Untersuchungen bezeichnen, dass die biologische Eigenart pelagischer Crustaceen ihren getreuen Spiegel im feineren Bau des Auges findet. Pelagisch flotternde Schizopoden, welche auf den ständigen Aufenthalt in den dunklen Tiefenregionen angewiesen sind, entbehren des Retinapigmentes. Der Mangel des Retinapigmentes weist unzweideutig auf die Tiefseee-Natur des betreffenden Organismus hin.

Was nun die Anordnung des Irispigmentes bei den Tiefsee-Schizopoden anbelangt, so ergeben sich wesentliche Differenzen zwischen Front- und Seitenaugen lediglich bei den *Stylocheiron*-Arten. An den Seitenaugen umscheidet es fast den ganzen Krystallkegel, während es an den Frontaugen nur einen schmalen Ring am unteren Drittel der Kegel bildet. Es liegt auf der Hand, dass eine derartige Anordnung des Irispigmentes bei gleichzeitigem Mangel des Retinapigmentes eine Ueberempfindlichkeit des Auges gegen grelle Belichtung bedingt. Das Frontauge bietet uns den konträren Gegensatz zu dem Tagesauge vieler Insekten mit Appositionsbildern dar. Während die letzteren nachtblind sind und in der Dunkelheit nicht sehen, so sind wir wohl im Recht, wenn wir die mit den oben geschilderten Frontaugen ausgestatteten Crustaceen für „tagblind“ erklären und ihnen das deutliche Sehen in belichteten Regionen absprechen. Gerade dieser Umstand mag es vorwiegend bedingen, dass die genannten Euphausiengattungen belichtete Regionen meiden und an die Tiefe gebannt sind.

Als Kompens für den Mangel des Pigmentes ist nun offenbar die für Wassertiere fast befremdliche Wölbung der Cornea eingetreten. Es wäre irrtümlich, aus diesem Verhalten den Schluss zu ziehen, dass die Augen der Tiefsee-Formen nur nahe Gegenstände wahrnehmen. Die Einzelfacette gleicht stets einem auf Unendlich eingestellten astronomischen Fernrohr; die Hauptstrahlen gelangen zu dem Rhabdom, gleichgiltig ob die Cornea gewölbt oder flach ist. Wohl aber kommt

die sammelnde Kraft der Linse, zumal wenn dieselbe halbkugelig hervorgewölbt ist, für die Seitenstrahlen in Betracht. Wenn auch der Brechungs-exponent der Cornea sich vielleicht nur wenig von jenem des Seewassers unterscheidet (Unterschiede müssen vorhanden sein, wenn die Corneawölbung überhaupt einen Sinn haben soll), so werden doch die Seitenstrahlen gegen den Krystallkegel gebrochen und durch die eigentümliche Wirkung dieser Linsenzylinder den Rhabdomen zugeführt. Die Zusammensetzung der Cornea aus mehreren schalenförmig ineinander greifenden Chitinlagen trägt sicher dazu bei, die Brechung der schräg einfallenden Strahlen zu unterstützen. Jedenfalls können Strahlen, welche im gewöhnlichen Auge bei mangelnder Krümmung der Cornea durch das Pigment absorbiert werden, den perzipierenden Elementen zugeführt werden: gewiss eine sinnreiche Einrichtung für ein Auge, in dem Alles auf Nutzbarmachen einfallender Strahlen, wenig auf Detaillierung des Bildes ankommt.



Fig. 8. Querschnitt durch das Rhabdomfeld des Frontauges von *Stylocheiron mastigophorum*. Die Rhabdome, welche den Facettengliedern des derselben Schnittserie entnommenen Schnittes Fig. 7 angehören, sind durch einen punktierten Kreis umgrenzt.

Immerhin ist nicht zu leugnen, dass in den so kärglich mit Pigment ausgestatteten Frontaugen mit ihren nach Art der nächtlich lebenden Insekten enorm verlängerten Facettengliedern sehr starke Zerstreungskreise um die einzelnen Bildpunkte auftreten werden. Exner hat bereits darauf aufmerksam gemacht, dass solche Zerstreungskreise nicht nur in den Augen mit Superpositionsbild, sondern selbst auch in jenen mit Appositionsbild auftreten müssen und scharfsinnig, wie seine ganzen Darlegungen sind, sucht er nachzuweisen, dass die Zerstreu-

nungskreise vorzüglich das Erkennen von Bewegungen unterstützen. Es liegt nun auf der Hand, dass in einem Auge mit mangelndem Retinapigment ein schräg auf die Kuppe eines Rhabdomens auffallender Strahl ungehindert in seinem weiteren Verlauf noch benachbarte Rhabdome treffen und in Erregungszustand versetzen kann. In dem Frontauge mit seinen relativ langen Rhabdomen wird sich ein ungewöhnlich breiter Zerstreungskreis bilden, welcher dem Tier die Annäherung von Objekten — wenn auch nur in schatthafter Verschwonnenheit — verrät. Unterstützt wird dieses Vermögen dadurch, dass in dem Frontauge von *Stylocheiron* im Umkreis jener Rhabdome, welche den mit Krystallkegeln versehenen Facettengliedern zugehören, noch eine ungewöhnlich große Zahl von Sehstäben wohl entwickelt und offenbar auch funktionsfähig auftritt, welche — wie der Verlauf der Axenfäden beweist — den rudimentär gewordenen Seitenfacetten angehören. Um eine Vorstellung von diesem Verhalten zu geben, so bilde ich im beiliegenden Holzschnitt Fig. 8 nach einer Mikrophotographie einen Querschnitt durch das Rhabdomfeld desselben Auges ab, dessen obere Partie in Fig. 7 wiedergegeben wurde. Man konstatiert, dass die zu den 34 ausgebildeten Facettengliedern gehörigen Sehstäbe nur einen kleinen Teil des gesamten Rhabdomfeldes mit seinen in Kurven angeordneten Rhabdomen abgibt. Würde das Frontauge, statt trichterförmig sich zu verbreitern, zylindrisch gestaltet sein und nur so viele Rhabdome enthalten, als funktionierende Krystallkegel ausgebildet sind, so müsste ein großer Teil schräg einfallender Strahlen an den Wandungen des Zylinders durch das Pigment absorbiert werden. Bei der vorliegenden Form des Auges treffen indessen schräg einfallende Strahlen die seitlichen Rhabdome, indem sie gleichzeitig wiederum Zerstreungskreise bedingen: ein neues Zeugnis dafür, dass im Dunkelauge der Tiefsee-Formen eine möglichst große Zahl einfallender Strahlen für den Sehvorgang nutzbar gemacht wird. Die Region schärfster Perzeption im Rhabdomfelde wird immerhin jene sein, welche die den funktionierenden Facettengliedern angehörigen Rhabdome umfasst; sie verhält sich — wenn der Vergleich gestattet ist — wie die Macula lutea zur Netzhautperipherie.

Der Abriss, welchen ich über den Bau und die Leistung der Augen von Euphausien gegeben habe, mag vielleicht den Leser überzeugt haben, dass es nur auf dem Wege des Vergleiches gelingt, ein volles Verständnis für die morphologische und physiologische Eigenart der Tiefsee-Augen zu gewinnen. Die Anpassungen, welche dahin führten, dass das für Wahrnehmung bei Tag und Nacht eingerichtete Kugelauge der *Euphausia* in ein zweigeteiltes Dunkelauge übergeführt wurde, lassen sich schrittweise verfolgen und ich glaube auch nicht fehl zu greifen, wenn ich annehme, dass die phyletische Entwicklung der Tiefsee-Schizopoden in diesem Verhalten ihren Ausdruck findet. Es

würde hier zu weit führen, wenn ich diese Ansicht durch einen Vergleich der Gesamtorganisation stützen wollte und so begnüge ich mich mit dem Hinweis, dass Nichts im Wege steht, die Vertreter der Gattung *Euphausia* als die primitiveren Formen in Anspruch zu nehmen, von denen sich die Gattungen *Thysanoëssa*, *Nematoscelis* und *Stylocheiron* in aufsteigender Reihenfolge ableiten lassen. Was wir über ihre Larvenformen und speziell auch über die Entwicklung ihrer Augen wissen, steht mit der vorgetragenen Ansicht in Einklang. Auch widerspricht ihr nicht die mehr und mehr sich einbürgemde Ueberzeugung, dass die Besiedelung der dunklen Tiefenregionen mit einer eigenartigen Lebewelt von der Oberfläche bzw. von den littoralen Regionen aus erfolgte.

Eine Parallele zu den Umbildungen, welche die Tiefenformen der Euphausien eingingen, bieten uns unter den übrigen Schizopoden die Mysideen dar. Auch bei ihnen gibt das Kugelauge der in den oberflächlichen Regionen sich aufhaltenden Gattung *Mysis* den Ausgangspunkt für eine Reihe von Umbildungen ab, welche in den Tiefseegattungen *Euchaetomera* Sars und *Arachnomysis* Chun ihr Extrem erreichen. Die Endglieder der Reihen gehen in dem feineren Bau der Augen sogar noch weiter auseinander, als es bei den Euphausien der Fall ist. *Mysis* besitzt ein Retinapigment in Gestalt besonderer Pigmentzellen: die aberranteste Mysideengattung, nämlich *Arachnomysis* (ich fand diese bizarre Mysidee in größeren Tiefen des Mittelmeeres) weist nur noch das Frontauge auf, dessen Retinapigment völlig geschwunden ist, während das rotbraune Iripigment ungemein vergänglich ist. Das Bindeglied gibt die seltene Gattung *Euchaetomera* ab mit ihrem in ein Seiten- und Frontauge geteilten Facettenauge.

So scheinen mir denn diese Studien über das Facettenauge eine Bestätigung für die Anschauungen zu geben, welche ich mir auf Grund früherer Untersuchungen im Mittelmeer und Atlantischen Ozean über die Tiefenverbreitung pelagischer Organismen im Allgemeinen und der Schizopoden im Speziellen bildete. Ich wies nach, dass die Gattung *Euphausia* von der Oberfläche an bis in größere Tiefen verbreitet ist, während namentlich die Nematosceliden und Stylocheiren einen typischen Bestandteil der Tiefenfauna abgeben. Nur äußerst selten — und dann auch wieder unter besonderen Verhältnissen — erbeutet man sie an der Oberfläche, während man fast sicher darauf rechnen kann, dass Vertreter der Gattung *Stylocheiron* gefunden werden, wenn die Netze in Tiefen von 500—1000 Meter versenkt werden. In den Schließnetzen fanden sich Exemplare von *Stylocheiron mastigophorum* aus 500, 600 und 900 Metern: aus Tiefen also, in welche nach den neueren Untersuchungen kein Licht vordringt.

Meine Untersuchungen und auf sie gegründeten allgemeinen Anschauungen haben sowohl Zustimmung, wie Widerspruch erfahren. Alex. Agassiz prüfte auf einer neueren Expedition meine Befunde

und glaubt auf Grund der im Pacifischen Ozean mit dem Tanner-Schließnetz erhaltenen Resultate es in Abrede stellen zu müssen, dass größere Tiefen als 500 Meter von flottierenden Organismen bevölkert sind. Eine absprechende Kritik meiner Befunde ist gerade von jener Stelle ausgegangen, wo ich die ersten Versuche mit dem von meinem kürzlich verstorbenen Freunde v. Petersen konstruierten Schließnetze unternahm, nämlich von Seiten der Neapler Zoologischen Station. Wer indessen glaubt, dass Giesbrecht¹⁾ dies auf Grund erneuter Experimente thut — zu denen wohl Niemand die beneidenswerte Gelegenheit ausgiebiger geboten ist, als den Beamten mariner Stationen — oder dass dies auf Grund fundamental verschiedener Anschauungen geschieht, wird sich enttäuscht fühlen. Ein gelegentlich bei dem Aufwinden des geschlossenen Netzes von mir beobachteter fingerbreiter Spalt gibt Veranlassung, dass meinen Versuchen jeglicher Wert abgesprochen wird. Ich glaube nicht müßig gewesen zu sein, um allen Einwürfen zu begegnen und habe das Schließnetz einer völligen Umänderung unterzogen. In dieser neuen Gestalt hat es sich auf meiner späteren Fahrt, vor Allem auch bei zwei Expeditionen, nämlich auf der Plankton-Expedition und auf der Fahrt der „Pola“ bewährt. Hensen brachte noch einen Verschluss an den Bügeln an, welcher jede Bedenken gegen etwaiges Auftreten eines Spaltes ausschließt und ich selbst habe gleichzeitig eine derartige Verschluss-Vorrichtung, welche sowohl bei dem Aufwinden, als auch Herablassen des Netzes das etwaige Klaffen der Rahmen ausschließt, konstruiert. Ich glaube, dass das Netz in jener Form, wie ich es bereits auf der Naturforscher-Versammlung in Bremen demonstrierte, gegen Einwände frei sein dürfte. Wenn nun auch mein sehnlicher Wunsch, das Netz auf ozeanischen Fahrten erneut in Anwendung zu bringen, nicht in Erfüllung gegangen ist, so kann ich doch mit Genugthuung darauf hinweisen, dass die Resultate der beiden genannten Expeditionen mit meinen Anschauungen nicht in Widerspruch stehen. Die Plankton-Expedition macht genau auf dieselben Organismengruppen als Tiefenbewohner aufmerksam, welche ich bereits als solche in Anspruch nahm. Speziell wird in Tiefen von 600 bis 1000 Metern auf die Schizopoden hingewiesen und ich greife wohl nicht fehl, wenn ich von vornherein annehme, dass unter diesen wiederum die Gattung *Stylocheiron* eine hervorragende Rolle spielt. Wenn nun in der obigen Kritik vom grünen Tische aus dekretiert wird, dass meine ersten Schließnetzversuche denselben Wert hätten, wie das Fischen mit offenen Netzen, so liegt darin indirekt die nicht beabsichtigte Anerkennung, dass ich mit unvollkommenen Hilfsmitteln zu richtigen allgemeinen Ergebnissen gelangt bin. Die Fehlerquellen können nicht so groß gewesen sein, wie man den Leser glauben macht, denn der Leiter der Plankton-Expedition, Prof. Hensen, schreibt mir kürzlich: „Ich kann Ihnen mitteilen, dass die Befunde unseres Schließnetzes

1) Fauna u. Flora d. Golfes von Neapel, Bd. 19, Pelagische Copepoden, 1892.

im Ganzen durchaus die von Ihnen gemachten Befunde des Vorkommens in der Tiefe bestätigen, nur haben wir manche Tiefentiere auch noch an der Oberfläche gefangen“.

Die letztere Bemerkung ist mir unsoweniger überraschend, als ich in meinen Berichten darauf hinwies, dass manche Organismen, welche ich im Mittelmeer in der Tiefe fand, im Atlantischen Ozean an der Oberfläche leben und dass weiterhin in monatlich sich wiederholenden Perioden die tieferen Schichten durch Strömungen aufgewühlt werden und hierdurch Formen an die Oberfläche schaffen, welche auf den normalen Aufenthalt in der Tiefe angewiesen sind. Da nun einerseits manche der interessanteren Tiefenbewohner so selten sind, dass es ein besonderer Glücksfall wäre, wenn sie in die Schließnetze gerieten, da andererseits das gelegentliche Aufsteigen von Tiefenformen die Auffassung bestärken könnte, dass es sich doch nicht um echte Tiefseeorganismen handle, so habe ich mir auf Grund der obigen Untersuchungen über das Facettenauge eine Vorstellung zu bilden gesucht, ob auch noch andere Momente uns eine sichere Handhabe für die Beurteilung der biologischen Eigenart von Organismen abgeben. Da muss ich nun gestehen, dass wenige Crustaceen der Tiefsee für den ständigen Aufenthalt in der dunklen Region des Meeres ähnlich günstig ausgerüstet sind, wie manche Euphausiengattungen. Mächtig entwickelte Raubfüße, welche in Scheerenhände enden, ein monströs verlängerter Spürapparat in Gestalt von Antennen mit ihren Büscheln von zweizeilig beborsteten Sinneshaaren, Leuchtorgane, welche nach Art von Blendlaternen mit ihren Hohlspiegeln das Dunkel nach verschiedenen Richtungen erhellen und große Facettmaugen, welche zweigeteilt in sinnfälliger Weise die Merkmale von Dunkelaugen aufweisen: das Alles sind Auszeichnungen, wie sie charakteristischer für einen räuberisch lebenden Bewohner der Tiefsee kaum gedacht werden können.

Breslau, Juni 1893.

Studien über Konvergenz-Erscheinungen im Tierreich.

Von Dr. **F. Werner** in Wien.

(Schluss.)

Die Anpassung an das Wasserleben fördert wieder andere Erscheinungen zu Tage. Bei Schlangen treten die Nasenlöcher an die Oberseite der Schnauze (Homalopsiden, Aerochordiden, Hydrophiden und den Wassernattern: *Helicops* etc.; ferner bei *Vipera arietans*), wodurch die Möglichkeit geboten ist zu atmen, ohne mehr als das äußerste Minimum des Körpers aus dem schützenden Elemente herauszustrecken¹⁾. Auch bei Krokodilen ist dies zu bemerken. Auch die Wasserbewohner sind teilweise stark komprimirt (Hydrophiden, teil-

1) Von Säugetieren hat z. B. das *Hippopotamus* und die Pinnipedier ungefähr dieselbe Lage der Nasenlöcher und dieselbe Art zu atmen.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Biologisches Zentralblatt](#)

Jahr/Year: 1893

Band/Volume: [13](#)

Autor(en)/Author(s): Chun Carl

Artikel/Article: [Leuchtorgan und Facettenauge 544-571](#)