da 11 Arten unter *Tringa* aufgeführt. Nur für zwei von diesen ist der Name *Tringa* wieder als Artname angeführt, und zwar für die jetzigen *Morinella interpres* und *Squatarola squatarola*. Für die später mit dem Namen »*Tringa ocrophus*« (!) bezeichnete Art steht »*Cinclus*« als Zitat von früheren Autoren (da findet doch auch teilweise eine Verwechslung mit *Gallinago gallinago* statt). In »Fauna Suecica« von 1746 steht bei der später »*Ocrophus*« benannten Art als Synonym im ersten Range »*Cinclus*« dann mehrere andre Namen und schließlich »*Tringa*«. Das Wort *Tringa* findet man aber auch in den Synonymielisten von denjenigen Arten, die 1758 »*Hypoleucos*« und »*Squatarola*« benannt wurden. Von diesen Tatsachen scheint es mir, als ob »*Tringa*« in Systema Naturae 1758 ganz einfach eines von den Synonymen von »*Tringa ocrophus*« (!) war und nur von gleichem Wert wie »*Rhodophus* (!) s. *Ocrophus*« (!), aber nicht mehr. Es kann also daraus geschlossen werden, daß die Tautonymie in diesem Falle nicht genügt, um gegen den Usus eine Revolution in der Nomenklatur zu machen.

3. Über die Augen der Pontelliden und die Frontalorgane der Copepoden.

Von Dr. Heribert Leder.
(Aus der k. k. Zool. Station Triest.)

(Mit 5 Figuren.)

eingeg. 15. Januar 1914.

Genauere Angaben über den feineren Bau der Pontellidenaugen finden sich — soweit ich die Literatur überblicken konnte — nur bei Claus, in seiner Arbeit über das Medianauge (1891) und bei Parker in »The compound eyes in Crustaceans« aus dem Jahre 1891. Die Darstellung beider Autoren weicht vollkommen voneinander ab. Bekanntlich haben die Pontelliden ein medianes Ventralauge und zwei gesonderte, laterale Dorsalaugen. Claus findet nun das Ventralauge dreiteilig und hält es für das komplette Homologon des Medianauges der übrigen Crustaceen, während er in den Dorsalaugen Vorläufer der Komplexaugen erblickt, obwohl er erkennt, daß sie aus vier Bechern jederseits zusammengesetzt sind. Er sucht noch die Zahl der Zellen zu bestimmen. Als lichtpercipierende Elemente nimmt er eine größere Zahl von »Cuticularstäbchen« in Anspruch, die sich in den Zellen beider Augentypen finden.

Parker untersucht nur die Dorsalaugen. Seine Befunde deutet er dahin, daß es sich um 2—3 Ommatidien handle. »Rodlikes bodies« sollen Rhabdomeren entsprechen. Außerdem will er einen Kristallkegel (cone), aus zwei Segmenten bestehend, gefunden haben. —

Gegen die Deutung der Dorsalaugen als vom Medianauge voll-

ständig unabhängige Gebilde wendet sich Giesbrecht; er findet im Ventralauge nur einen Becher, der dem ventralen Becher des dreiteiligen Medianauges homolog zu setzen ist, während die Dorsalaugen mit ihren Bechern den seitlichen Bechern, die sich hier einfach mehrfach geteilt haben, entsprechen.

Es sind also einerseits unsre tatsächlichen Kenntnisse der Pontellidenaugen ganz unbefriedigend, anderseits ist die morphologische Auffassung derselben widersprechend.

Im folgenden gebe ich einige Resultate meiner Untersuchungen an *Pontella mediterranea*, die ich gelegentlich der Studien über das Medianauge der Copepoden, die bisher noch nicht abgeschlossen sind, gewonnen habe.

Das Ventralauge. Das Ventralauge, in einem Vorsprung der ventralen Kopfwand gelegen, besteht aus Linse, Pigmentbecher und Tapetum als Nebenapparaten und aus sechs Retinazellen als percipierenden Elementen. Der Vorsprung der Körperwand, in dem das Auge liegt, ist beim Weibchen klein, beim Männchen groß und stielförmig. An der Vorderfläche, die etwas ventral geneigt ist, findet sich die Cuticula als Linse ausgebildet, die merkwürdigerweise beim ♀ dorsal und ventral eine Auftreibung zeigt, während für das ♂ noch Rostrallinsen, die sich aus der Vorder- und Hinterwand des Rostrums bilden, charakteristisch sind. Die Substanz der Linsen ist offenbar Chitin, sowie die übrige Körpercuticula. In den dicken Partien erscheint sie von blätteriger Struktur.

Während die Linse die vordere Wand des Augenvorsprunges bildet, ist die Abgrenzung dieses Raumes nach hinten gegen das Körperinnere durch den Pigmentbecher hergestellt. Dieser Becher umgreift die Retinazellen auch auf der dorsalen Seite. Schnitte durch diese Partie zeigen zwei zusammenstoßende, nach vorn sich öffnende Becher, die aber in der Medianen durch keine Scheidewand getrennt sind. Schnitte weiter ventral zeigen überhaupt nur einen Raum. Ich glaube daher, daß es sich tatsächlich nur um einen Becher handle, der an seinen dorsolateralen Partien jederseits Ausbuchtungen gewonnen hat. Über die Anzahl der »Pigmentzellen« kann ich bisher keine genaue Angabe machen, da sich in meinen Präparationsmethoden die Kerne stets der Beobachtung entzogen haben. Ich glaube es handelt sich hier um zwei Riesenzellen, wie ja auch bei andern Formen neuerdings nur wenige Zellen angegeben werden. Das Pigment — im lebenden Zustand ganz schwarz — ist in Form kleiner Kügelchen ausgebildet; war aber meistens durch die Alkohole ausgezogen.

Die Innenfläche des Pigmentbechers ist vom Tapetum eingenommen. Es ahmt im großen und ganzen die Form des Bechers nach. Im Toto-

präparat zeigt es eine grünlich schillernde Farbe. Es besitzt in den proximalen Partien des Bechers eine ansehnliche Dicke. Ist es quer getroffen, so hat man den Eindruck, daß es aus mehr oder weniger parallel verlaufenden, feinsten Fibrillen aufgebaut ist.

Auf das Tapetum folgt nun der Hauptbestandteil des Auges, die Sehzellen. Diese, sechs an der Zahl — sind folgendermaßen angeordnet. Je zwei finden sich rechts und links in symmetrischer Anordnung in den dorsolateralen Nischen des Bechers. Die verbleibenden restlichen zwei sind in der Medianen gelegen und etwas ventral verschoben. Die Beschreibung wird vielleicht weniger umständlich sein, wenn ich mich

Fig. 1.

Fig. 2.

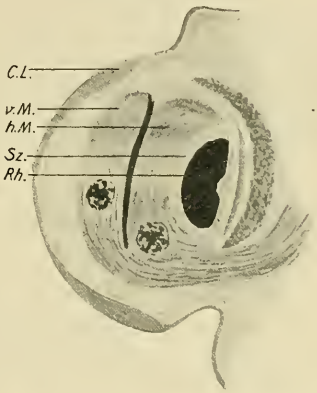

Fig. 1. Horizontalschnitt durch das Ventralauge von *Pontella mediterranea* (schematisiert). *C.l.*, Cornealinse; *v.M.*, vordere, *h.M.*, hintere Medianzelle; *i.L.* innere, *ä.L.*, äußere Lateralzelle; *T*, Tapetum; *P.*, Pigmentbecher; *N.*, Nervenfaserquerschnitte; *S.z.*, Schaltzone; *Rh.*, Rhabdom.

Fig. 2. Sagittalschnitt durch den mittleren Teil des Ventralauges (schematisiert). Bezeichnungen wie in Fig. 1.

direkt auf eine etwas schematisierte Figur (Fig. 1) beziehe, einen Schnitt, der etwa horizontal geführt ist. Die zu den einzelnen Zellen gehörenden Nervenfasern — so sind die Dinge trotz ihres bedeutenden Kalibers zu benennen — finden sich unmittelbar hinter dem Becher quergetroffen, da sie vom Gehirn ventral absteigen. In der Mitte des Bildes erscheint ein runder, dunkel gefärbter Körper, der von einem hellen Hof *(Sz.)* ringförmig umgeben wird. An diesen, der nach außen durch eine zarte, aber distinkte Linie abgegrenzt wird, schließt sich eine fein granuläre Masse an, deren Konturen nach rechts und links häufig nur schwach angedeutet sind. Nach vorn wird sie durch eine stark lichtbrechende, in Falten verlaufende Linie begrenzt. Das ganze eben umschriebene Gebilde ist ein Querschnitt durch die hintere Medianzelle. Vor dieser, durch die gefaltete Linie getrennt — liegt noch die vordere Median-

zelle, die eine mehr flache Gestalt hat und nach rückwärts beiderseits die hintere Medianzelle etwas umgreift. Im Medianschnitt (schematisiert) zeigt uns Fig. 2 die Situation. Wir erkennen den Pigmentbecher und vor diesem die beiden Medianzellen. Kerne und Abgang der Nervenfaser werden nunmehr sichtbar; erstere mehr der vorderen Fläche der Zellen genähert, letzterer am unteren Ende der etwas schief nach hinten geneigten Zellen. Die Fibrillen, aus denen die Fasern bestehen, sieht man in der Nähe der Kerne aufsteigen und dann nach hinten umbiegen. In der hinteren Medianzelle treten sie nun durch den hellen Hof — Hesses Schaltzone —, um in den dunklen Körper, Rhabdom, einzutreten, indem sie sich eigenartig spiralig anordnen. Dieses Rhabdom enthält außerdem noch eine Grundsubstanz, die als eine Differenzierung der Zelloberfläche anzusehen ist, trotz der scheinbar intracellulären Lage des ganzen Gebildes. Es geht dies aus der Kombination verschiedener Schnittrichtungen hervor, wo man dann deutlich die dem Pigmentbecher zugekehrte Zellwand in eine Eindellung übergehen sieht, als deren verdickte Wand der Körper erscheint. In welchem gegenseitigen Verhältnis diese Grundsubstanz zu der der eintretenden Fibrillen steht, ferner ob letztere hier frei endigen oder nach Absolvierung einer spiraligen Schleife — was mir nicht unwahrscheinlich vorkommt — an andrer Stelle des Rhabdoms wieder austreten —, darüber kann ich gegenwärtig keine Auskunft geben.

In der vorderen Medianzelle finde ich kein Rhabdom wie in der hinteren. Wohl aber existiert die eigenartige cuticulaähnliche Wandverdickung — es ist die gefaltete Linie, die scheinbar eine Doppellamelle darstellt, deren Hälften je den aneinander stoßenden Wänden der Medianzellen zugehören. Ob die Substanz dieser Lamellen mit der Grundmasse des Rhabdoms der hinteren Medianzelle übereinstimmt, wie man aus der Gleichheit einiger färberischer Reaktionen schließen könnte, ist derzeit schwer zu sagen. Fibrillen, wie sie sich im Rhabdom der hinteren Zelle finden, sind keine nachzuweisen. Die Endigung der Neurofibrillen in der vorderen Medianzelle ist mir bisher noch dunkel geblieben.

Wir stellen demnach fest, daß zwischen den beiden Medianzellen ein nicht unbeträchtlicher Unterschied in Form und Größe sowohl als besonders in der histologischen Differenzierung vorhanden ist, wobei die hintere einen vollwertigen Eindruck macht, während die vordere eher eine Nebenrolle zu spielen scheint.

Ein ähnliches Verhältnis obwaltet auch bei den Lateralzellen-Paaren. Bei einem solchen Paar ist die äußere die größere und trägt demnach auch das Rhabdom; dieses — wiederum an der hinteren Fläche der Zelle gelegen — ist gleichfalls durch eine Einstülpung der Ober-

fläche ins Zellinnere entstanden zu denken, deren seitliche Wände eine gewaltige Verdickung erfuhren. Die Schaltzonen sind hier nicht so klar ausgeprägt wie bei der Medianzelle. Der Zellkern liegt gleichfalls am unteren, vorderen Pole der Zelle, wo auch der Zusammenschluß der Fibrillen zur abgehenden Nervenfaser zu konstatieren ist.

Die innere Lateralzelle liegt der äußeren eng an, durch eine nur wenig verbogene Lamelle — wahrscheinlich wieder eine Doppellamelle — getrennt, die der gefalteten Linie zwischen den beiden Medianzellen offenbar vollkommen entspricht. Im übrigen ist die innere Zelle viel schmäler als die äußere und entbehrt — soweit ich sehen konnte — eines Rhabdoms. Kern und Abgang der Nervenfaser haben ganz analoge Lage wie bei der äußeren Lateralzelle.

Die sechs Nervenfasern verlassen den Becher an seinem vorderen, unteren Rande, ohne die Becherwand selbst zu durchbrechen; legen sich zunächst zu drei Nerven zusammen, die schließlich zu einem verschmelzen, in dessen Querschnitt aber stets die sechs Fasern bis weit in das Gehirn hinein nachweisbar bleiben.

Wir haben noch zu einigen allgemeinen Fragen Stellung zu nehmen. Bezüglich der Anzahl der Becher heben wir hervor, daß es sich im Ventralauge von *Pontella* unsres Erachtens nur um einen Becher handelt, wofür auch Giesbrecht (Langs Lehrbuch) eintritt.

Die einzelnen Zellen sind als invertierte Sehzellen anzusehen, insofern die Fibrillen in der Zelle nach rückwärts wieder umknicken müssen, um in das Rhabdom zu gelangen.

Schließlich glauben wir die Existenz einer Schaltzone, durch die die Fibrillen hindurch sich in einem Rhabdom sammeln, an unsrer Form sichergestellt zu haben.

Die Dorsalaugen. Die Dorsalaugen liegen dorsolateral am Kopfe. Ihre Bestandteile sind: eine Linse, vier Pigmentbecher in eine gemeinsame Hüllmasse von Zellen eingebettet, und schließlich die Sehzellen mit den zugehörigen Nervenfasern.

Die Linsen sind bei *Pont. med.* Linsencylinder, deren Längsachse in der Transversalebene des Kopfes sich erstreckt. Sie scheinen aus konzentrischen Lamellen aufgebaut. Bei Malloryfärbung oder bei Osmiumschwärzung weisen die peripheren Schichten eine andre Farbe auf als die centralen. Als Bildungszellen sind wohl Zellen zu betrachten, deren Kerne hier und da an der Oberfläche der Linse zu finden sind.

Einwärts von der Linse liegen die Becher. Sie sind in einer zelligen Masse enthalten, die man als eine Art Stütz- und Hüllgewebe zu betrachten hat. Sowohl die Lücken zwischen den Bechern, als auch die Oberfläche des ganzen Körpers, werden von diesen Zellen eingenommen.

Von dieser Hülle gehen Stützfasern, aber auch muskulöse Elemente an die Körperwand ab.

Die Pigmentbecher sind in zwei Gruppen angeordnet, die nach Lage, Öffnung, besonders aber nach der Beschaffenheit der in ihnen enthaltenen Sehzellen stark verschieden sind. Zwei Becher finden sich mehr medial und dorsal; die beiden andern liegen lateral und ventral. Am besten zeigt dies ein schematischer Querschnitt (Fig. 3), wo man erkennt, daß sich die medialen Becher gegen die innere, konvexe Höhe der Linse öffnen, während die lateralen gegen die untere Kante derselben sehen.

Fig. 3.

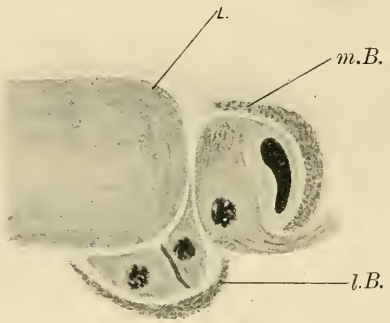

Fig. 4.

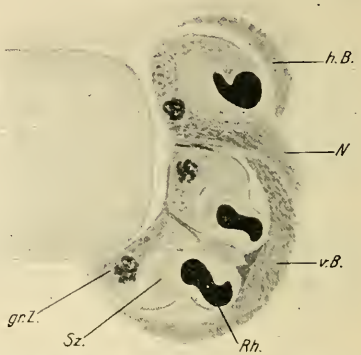

Fig. 3. Querschnitt durch die Dorsalaugen von *Pont. med.* *L.*, Linse; *m.B.*, medialer Becher; *l.B.*, lateraler Becher.

Fig. 4. Horizontalschnitt durch die Dorsalaugen (schematisiert). Es sind nur die beiden medialen Becher zu sehen. *v.B.*, vordere, *h B.*, hintere Becher; *gr.Z.*, granulierte Zone; *Sz.*, Schaltzone; *Rh.*, Rhabdom; *N*, Nervenfaser.

Die zwei inneren Becher sind nun, wie ein Blick auf einen Horizontalschnitt zeigt (Fig. 4), in ihrer Größe stark verschieden derart, daß der vordere fast doppelt so groß ist als der hintere. Über die Zahl der Zellen, aus denen die Becher aufgebaut sind, kann ich zurzeit keine gesicherte Angabe machen.

Auf ihrer Innenseite sind die medialen Becher von einer sich besonders abhebenden Substanz bekleidet, die wohl dem Tapetum entspricht.

Den Hohlraum der Becher nehmen die Sehzellen ein; im vorderen sind zwei, der hintere enthält nur eine. Diese Zellen sind wie beim Ventralauge von beträchtlicher Größe und lassen an sich drei Zonen unterscheiden; der Linse genähert liegt eine granulierte Zone, nach innen von dieser — im Schnitt meist ein bogenförmiges Höhenstück einnehmend — folgt eine Schaltzone, die schließlich in das sich meist stark färbende Rhabdom überführt; dieses liegt also im medialsten Teile der

Zelle. Ich glaube, es handelt sich im Prinzip um dasselbe Gebilde, das wir unter gleichem Namen schon im Ventralauge beschrieben haben, nur daß es im Dorsalauge komplizierter gebaut und sein Zusammenhang mit der äußeren Zellfläche verdeckter ist. Die Kerne der Sehzellen liegen in der granulierten Zone, und zwar in ihrer ventralen Partie. Ganz in der Nähe ist auch der Abgang der Nervenfaser gelegen. Diese biegt um den unteren freien Rand des Bechers um, ohne diesen zu durchbrechen. Die Lage der einzelnen Teile ist für den hinteren Becher eine etwas andere, aber an den prinzipiellen Verhältnissen ist nichts geändert.

In den Sehzellen der medialen Becher liegen demnach — wie beim Ventralauge — invertierte Sehzellen vor. Die Fibrillen müssen im Knie umliegen, um in das Rhabdom zu gelangen, das vom Licht ganz abgerückt erscheint. Die Zelle ist gegenüber der Nervenfaser gleichsam nach oben zurückgelegt. (Querschnitt, Fig. 3.)

Anders verhalten sich die Lateralbecher. Sie kehren zum Teil ihre Öffnungen gegeneinander. Jeder Becher enthält zwei Zellen, die verkehrt keilförmig gegeneinander liegen. Eine solche Zelle besitzt an ihrem spitzen Pole, dort wo sie am tiefsten in der Höhlung des Bechers liegt, ein sichelförmiges Gebilde, nennen wir es Basalplatte. Der gegenüberliegende Teil der Zelle enthält unregelmäßig geformte Körper von stark ausgeprägter Färbbarkeit — wir wollen sie Phaosomen nennen — rings um diese findet sich ein heller Hof, auf den man Fibrillen zustreben sieht. Diese Fibrillen lassen sich rückwärts bis zur austretenden Nervenfaser verfolgen. Die Phaosomen liegen ganz innerhalb des Zellkörpers und zeigen nirgends eine Andeutung eines Zusammenhanges mit der Zelloberfläche (wie bei den Rhabdomen). Die Phaosomen möchten wir als physiologische Äquivalente der Rhabdome auffassen und den hellen Hof als eine Art Schaltzone betrachten. Die Nervenfaser aber geht hier nicht um den Rand des Bechers herum, sondern sie durchbricht den Becher, nachdem sie zuvor ein gleiches mit der Basalplatte getan hat.

Die Lateralzellen erinnern in ihrem Bau am meisten an die Schilderung, die Esterly von den Zellen des Medianauges bei *Eucalanus* gibt; er bezeichnet die Zellen als nicht invertiert, da die Nervenfasern von der basalen Seite her eintreten und von außen an die Zelle herankommen. Wir könnten demnach sagen, daß in den Dorsalaugen der Pontelliden zweierlei morphologische Gebilde zu einem physiologischen Ganzen vereinigt erscheinen. Die Lateralzellen wären Phaosomenaugen und den Nauplius-Augen der Copepoden (*Eucalanus*) zu vergleichen; die andern Zellen, die Medialzellen der Dorsalaugen und die Zellen des Ventralauges gehörten in eine andre Kategorie von Sehzellen (Rhab-

dome), für die bei den oben genannten Copepoden keine Parallele vorliegt. Wohl aber scheint es, daß die Augen der Corycaeiden, *Miracia*, und vielleicht auch einiger parasitischen Copepoden diesen Rhabdomaugen zuzuzählen sind. Der Entwicklungsgeschichte fällt hier die entscheidende Antwort zu. Doch sind die Daten bis jetzt in bezug auf die Augen zu spärlich. Aber nicht unwichtig dürfte es sein, auf die Angabe von Malaquin hinzuweisen, der feststellt, daß bei *Haemocera* ein Nauplius-Auge angelegt wird, aber später spurlos verloren geht. In späteren Stadien aber bilden sich drei neue Augenbecher mit großen Sehzellen. Sie sind an der dorsalen Seite des Gehirns gelegen, zwei lateral und einer median. Dieser letztere nun erfährt eine Drehung in der Sagittalebene und kommt ventral zu liegen, so daß er sich nun nach vorn unten öffnet, während die beiden andern dorsolateral gerichtet bleiben. Malaquin schließt daraus, daß es sich hier um zweierlei Augen handelt, das Nauplius-Auge und die später zur Entwicklung kommenden großen Augenkugeln.

Sind vielleicht bei *Pontella* die Dinge auch so aufzufassen, daß die Lateralzellen in Dorsalaugen noch Überreste des ursprünglichen Nauplius-Auges sind? Folgendes könnte dies noch stützen. Bei den typischen Nauplius-Augen (*Eucalanus*) gehen die Nerven zu den Frontalorganen ein großes Stück gemeinsam mit den Fasern der seitlichen Becher, so daß sie direkt von diesen abzugehen scheinen. Tatsächlich hängen die Frontalnerven bei *Pontella* aufs innigste mit den Fasern der vorderen Lateralzellen zusammen.

Die Lichtsinnesorgane, die bei Crustaceen vorkommen, sind entweder das Medianauge, Komplexauge und ein Teil wenigstens der Frontalorgane, wie ich später zeigen will. Das erste und dritte Organ haben sicherlich ein hohes phylogenetisches Alter, während das zweite eine jüngere Bildung sein dürfte. In welchem Verhältnis steht nun das Komplexauge zu jenen älteren Lichtsinnesorganen? Es kann ein vollständiges Novum sein, ohne morphologische Beziehung zu jenen; dafür spricht vieles, vor allem die Anordnung der Sehzellen zu Retinulae und die Komplikation durch das Vorhandensein von Kristallkegeln und Linsen. Anderseits ist aber der Fibrillenverlauf in manchen dieser Retinulazellen geeignet, unsre Aufmerksamkeit in andre Richtung zu weisen. Nach K. C. Schneider gehen in der Retinulazelle des *Palaemon*-Auges die Fibrillen nicht so ohne weiteres in das in der Ommatidienachse gelegene Rhabdomer, sondern wahrscheinlich verlaufen sie zuerst nach vorn in die Partie der Zelle, in der der Kern liegt und kehren hier um, um erst rückläufig in das Rhabdomer einzutreten. In ähnlicher Weise scheint es auch bei Isopoden zu sein. Bei *Oniscus* liegt gleichfalls der Kern vor dem Rhabdom, wenn auch die Fibrillen nicht so

deutlich nach vorn laufen (nach einer Abbildung bei Hesse). Diesen Fibrillenverlauf könnte man mit dem in der invertierten Sehzelle in Übereinstimmung bringen, wenn man das Rhabdom von dem hinteren — dem Licht abgewendeten — Pole der Zelle auf eine Seite sich verschoben denkt, während gleichzeitig auf der andern Seite der Ursprung der Nervenfaser in umgekehrter Richtung nach hinten wandert. Der Zellkern behält seine dem Licht zugekehrte Lage bei. Auf diese Weise könnte man eine Retinulazelle der Decapoden oder Isopoden aus einer invertierten Sehzelle, wie sie in den Becheraugen der niederen Kruster vorkommen, ableiten. Bei den Amphipoden liegt aber der Zellkern nicht

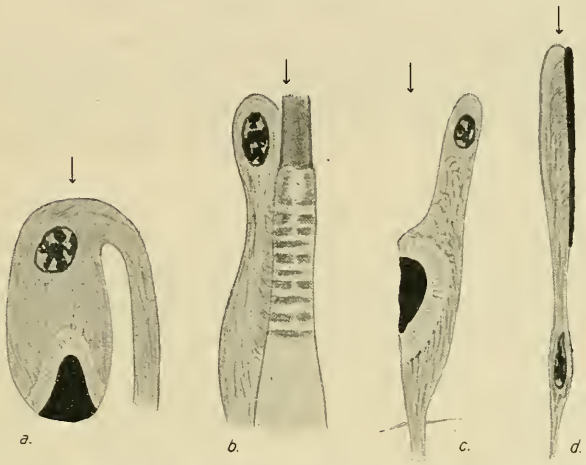

Fig. 5. Schemen der Sehzellen in a. einem invertierten Pigmentbecherocell; b. Retinulazelle von *Palaemon* (n. Schneider); c. Retinulazelle von *Oniscus* (n. Hesse); d. Retinulazelle von einem Amphipoden. Der Pfeil bedeutet die Richtung des einfallenden Lichtes.

vor, sondern hinter dem Rhabdom. Hier müßte man annehmen, daß nicht nur Teile, sondern schon die ganze Zelle umorientiert wurden. Schematische Darstellungen für diesen Umbildungsprozeß zeigt die Figur 5. Die Zellen eines Bechers würden sich zu einer Retinula umordnen und der ganze Becher einem Ommatidium entsprechen. Ist diese Umordnung reihenartig angeordneter Sehzellen, wie sie in den meisten Pigmentbecherzellen sich finden, zu radiär gestellten Elementen, wie sie die Ommatidien zeigen, denkbar? Nicht nur dies, sondern es ist auch bei einem Becherauge verwirklicht. Bei dem von Malaquin untersuchten Monstrilliden sind acht Zellen rings um eine centrale, neunte Zelle in jedem Becher vorhanden. Außerdem gibt es auch Komplexaugen — wo in den Ommaditien rätselhafte Centralzellen — z. B. die sogenannte hyaline Zelle im Ommatidium von *Aega* (Isopod) auftauchen. Bleibt noch die große Zahl der Ommatidien eines Komplexauges. Da

ist daran zu erinnern, daß die Becher, und besonders die seitlichen, die Fähigkeit haben sich zu vervielfältigen, wie es die Pontelliden zeigen, oder auch bei manchen Arteocheriden vorkommt. Und ist nur die Möglichkeit des vielfachen Auftretens zugegeben, so läßt sich die hohe Zahl der Ommatidien, die man bei den vollkommneren Augen antrifft, schon eher durch die erhöhte und nun wohl auch qualitativ geänderte physiologische Leistungsfähigkeit erklären. Es wäre also möglich, daß das Komplexauge von invertierten Pigmentbecherzellen aus, wie sie noch im Medianauge vorhanden sind, ehedem seinen Ursprung genommen hat.

Zum Komplexauge gehört auch ein besonderer Teil des Gehirnes, das sekundäre Gehirn, das sich vom primären Protocerebrum ableitet. Zu letzterem gehört aber das Medianauge. Also auch die von Grobben aufgedeckte Herkunft des sekundären Gehirns würde in dieselbe Richtung weisen, wie die in obiger Auseinandersetzung angeführten Momente.

Doch müssen wir hervorheben, daß dies inzwischen nur Denkmöglichkeiten sind, die einer exakten Begründung noch ermangeln.

Gerade in bezug auf das Pontellidenauge ist hinzuzufügen, daß wir ihm nicht ohne weiteres primitive Merkmale zuschreiben können. Denn wir müssen mit Grobben annehmen, daß die Copepoden von Formen abzuleiten sind, die schon Komplexaugen besaßen, die ja schon den Protostraca zukommen mußten. Die Pontellidenaugen könnten ja so bis zu einem gewissen Grade eine Wiederholung alter Zustände darstellen und dem sekundären Gehirn — das dann bei den Pontelliden nicht rückgebildet würde — zuzurechnen sein. Es kann sich aber ebensogut um eine Neubildung handeln, die mit andern Augen weiter nichts zu tun hat.

Wie dem auch sei, das eine steht fest, daß nicht nur die Dorsalaugen (ihr medialer Teil), sondern auch das Ventralauge der Pontelliden mit dem Auge von *Eucalanus* — falls die Darstellung von Esterly richtig ist — in keiner Hinsicht verglichen werden kann. — Bei *Euchaeta* finde ich einen Augenbau, der mit dem *Eucalanus*-Auge übereinzustimmen scheint. Ebenso dürfte sich *Diaptomus* verhalten. Anderseits glaube ich, daß die Augen von *Miracia* nach der Schilderung von Claus sich dem Typ der Pontellidenaugen anschließen; ein gleiches gilt vielleicht von den Monstrilliden. Wir hätten dann innerhalb der Copepoden zweierlei Augentypen, und es fragt sich, welcher von beiden dem Medianauge der übrigen Crustaceen homolog ist. Um diese Frage zu beantworten, ist eine vergleichende Untersuchung der Augen bei verschiedenen Copepodentypen noch ausständig.

Die Untersuchungen werden auch noch auf andre Pontelliden-

genera auszudehnen sein, von denen mir bisher erst *Anomalocera* in größerer Zahl erreichbar wurde. Ich will nur hervorheben, daß ich bei dieser Form im Seitenauge nicht zweierlei Sehzellen auffinden konnte. Auf eine genauere Schilderung wollen wir weiter nicht eingehen, da eine separate Darstellung hierzu nötig wäre.

Bemerkungen über die Frontalorgane.

Diese Organe kommen den meisten niederen Krebsen zu; eine zureichende Beachtung haben sie aber bisher nicht gefunden. Ihre Unansehnlichkeit und vielfach rudimentärer Charakter mag die Schuld daran tragen.

In relativ starker Entwicklung finden wir zweierlei Frontalorgane bei den Euphyllopoden. Claus, Spencer, Zograff und Nowikoff bringen Beiträge, die sich vielfach untereinander widersprechen. Interessant ist vor allem, daß Nowikoff für das eine Frontalorgan die auffallende Ähnlichkeit des Zellenbaues mit dem der Zellen des Medianauges hervorhebt.

Bei den Cladoceren sind ebenfalls zweierlei Frontalorgane vorhanden. Das eine, meist als Frontalorgan schlechthin bezeichnet, findet sich unterhalb des unpaaren Komplexauges an der Stirn in Form unipolarer Sinnesnervenzellen, das zweite, meist Scheitelsinnesorgan genannt, besteht aus ähnlichen Zellen und nimmt einen größeren Teil der laterodorsalen Kopfpartie ein. Auf Grund von histologischen Details in Methylenblaupräparaten habe ich die Ansicht ausgesprochen, daß es sich in letzterem Organ um ein Lichtsinnesorgan handle, und ein gleiches möchte ich auch vom Frontalorgan s. str. behaupten. In einer soeben erschienenen Arbeit sucht Klotzsche den Beweis zu erbringen, daß in den Frontal- und Scheitelsinnesorganen der Cladoceren Drüsen zu erblicken seien, die eine Art Reservoir für Chitinabsonderung darstellen sollen. Ich kann seiner Ansicht nicht beitreten und suche meine Stellungnahme in einer Nachschrift zu meiner Arbeit über das Nervensystem der Cladoceren zu begründen.

Frontalorgane werden weiter von den Halocypriden und von Cirripediennauplien gemeldet; aber die Angaben — sie stammen von Claus — sind sehr kurz und unbestimmt.

So ungeklärt die Dinge bei den bisher genannten Gruppen liegen, so sind sie auch bei den uns jetzt interessierenden Copepoden. Über ein Organ hoffe ich aber einige Klarheit bezüglich seiner morphologischen Stellung verschaffen zu können.

Es handelt sich um ein Organ, das Claus bei *Eucalanus* entdeckt und hypothetisch als Otocyste gedeutet hat. Eine neuerliche Untersuchung durch Esterly brachte nun folgende interessante Tatsachen.

Das Organ liegt im Gehirn an seinen beiden vorderen Enden. Jedes Organ besteht aus zwei großen Zellen, die eng aneinander angelegt sind, so daß sie einen einheitlichen, runden Körper zu bilden scheinen. An der Berührungsfläche findet sich ein eigenartiger Körper, der sich in Osmiumpräparaten stark schwarz färbt, in Mallorys Färbung hingegen rot erscheint. Dieser Körper besteht in Wirklichkeit aus zwei Platten, die zu je einer der beiden Zellen gehören; Esterly stellt ihre Identität mit entsprechenden Gebilden an den Zellen des Medianauges von *Eucalanus* fest und nennt sie Basalplatten (»basal plate«). Ferner finden sich wie in den Zellen des Medianauges — Phaosomen (Binnenkörper), die mehr an die Peripherie der Zellen der Basalplatte gegenüber angeordnet sind. Die Phaosomen bestehen aus einer Reihe stabförmiger Gebilde, die parallel nebeneinander gestellt sind. Schließlich besitzt jede Zelle einen Nervenfortsatz, in dem die Fibrillen in das Gehirn laufen. In der Zelle nun scheinen die Fibrillen mit den Phaosomen in Zusammenhang zu stehen, wie auch ein gleiches in den Zellen des Medianauges wahrscheinlich ist. Trotz des fehlenden Pigmentes kommt daher Esterly zu dem Schlusse, daß das fragliche Organ — er nennt es nun nach seinem Entdecker Claussches Organ — einen Lichtsinnesapparat darstelle, da die Übereinstimmungen mit den Verhältnissen in den Retinazellen des Medianauges zu auffällig sind.

Genau wie die nun beschriebenen Clausschen Organe von *Eucalanus* verhalten sich die lateralen Frontalorgane der Cladoceren, die sogenannten Scheitelsinnesorgane, nur mit dem Unterschied, daß sie sich nicht in einem Paar finden, sondern jederseits in größerer Zahl vorhanden sind. Es sind hier gleichfalls je zwei Zellen eng aneinander gepreßt, die zwischen sich die Basalplatte enthalten. Ob sie auch hier aus zwei getrennten Teilen besteht, was wahrscheinlich ist, konnte ich nicht mit Sicherheit eruieren. Übrigens gelang es auch Esterly nur durch Anwendung einer besonderen Methode überall die doppelte Natur der Basalplatte nachzuweisen. In Methylenblaubildern konnte ich sehen, wie die Fibrillen in kleinen Knötchen endigten, die jederseits etwa halbkreisförmig in gewisser Distanz die Basalplatte umgaben. Diese letzteren Knötchen sind offenbar die Vertreter der Phaosomen. Besonders in der Aufsicht von oben ist die Übereinstimmung der Clausschen Organe des *Eucalanus* und des Scheitelsinnesorganes der Cladoceren überraschend.

Auch die Art der centralen Endigung ist nicht widersprechend. Bei den Cladoceren ist allerdings entsprechend der stärkeren Entwicklung jederseits ein besonderer Neuropilballen vorhanden, der aber mit dem centralen Neuropil (N II.) in Zusammenhang steht; bei *Eucalanus* endigt der Nerv ungefähr an der gleichen Stelle, wo die Fasern des

Medianauges ihre Aufsplitterung finden, indem wegen der Kleinheit der peripheren Organe auch im Centrum kein besonderer Neuropilballen abgesetzt erscheint.

Das Scheitelsinnesorgan der Cladoceren ist nun wahrscheinlich — seiner Lage nach — auf das Frontalorgan der Euphyllopoden beziehbar, das neuerdings als dorsales (Nowikoff) oder laterales (Giesbrecht) Frontalorgan bezeichnet wird.

Ich glaube daher, daß das Frontalorgan der Euphyllopoden, das Scheitelsinnesorgan der Cladoceren und das Claussche Organ von *Eucalanus* eine Reihe homologer Gebilde darstellen, verschiedene Manifestationen des lateralen Frontalorgans. Dies die morphologische Stellung der Organe. Ihrer Funktion nach reihen wir sie unter die Lichtsinnesapparate ein, oder vorsichtiger ausgedrückt, die Zellen zeigen dieselbe histologische Differenzierung wie die Elemente solcher Sinnesorgane, für die die strahlende Energie in Form von Lichtstrahlen als adäquater Reiz erwiesen ist.

Dies wäre die eine Art von Frontalorganen, die bei Copepoden (bisher nur bei dem Genus *Eucalanus*) sich findet. Wenn aber vom Frontalorgan der Copepoden die Rede ist, so meint man nun gewöhnlich damit ein andres Organ, das wohl allen Copepoden zukommt. Das tatsächlich Bekannte dieses Organs ist eigentlich nur ein Nerv, der von den seitlichen Bechern des Medianauges abzugehen scheint und nach vorn an die Stirn zieht. Bei den Formen, wo das Medianauge nicht dem Gehirn unmittelbar anliegt oder ganz fehlt, wie bei *Haloptilus*, kann man deutlich den separaten Ursprung des Nerven jederseits vom Hirn bemerken.

Worin besteht aber nun der periphere Endapparat dieses Nervenpaares? Auf diese Frage bekommen wir keine klare Antwort. An der Stirn der Copepoden finden wir zweierlei ganz verschiedene Bildungen, die gelegentlich für das Frontalorgan beansprucht wurden. Dies sind einerseits ein kleines Borstenpaar in der Medianen der Stirn, anderseits das sogenannte Rostrum.

Die Borsten sind ganz kleine, blasse Gebilde, die eng aneinander stehen und leicht übersehen werden können; auffällig macht sie nur die Konstanz, mit der sie bei den verschiedensten Copepodentypen auftreten. Ich habe immer nur zwei solcher Borsten gefunden, im Gegensatz zu Claus und auch Richard, die von zwei oder mehreren sprechen. Claus bezieht nun offenbar diese Borsten auf das Frontalorgan, denn bei dem Frontalorgan der Cladoceren sucht er — allerdings vergeblich — nach solchen cuticularen Bildungen, wie er sie bei den Copepoden gefunden. Hingegen hält es Richard für zweifelhaft, ob das Frontalorgan (Frontalnerven) etwas mit den Borsten zu tun hat.

Ich glaube nun, daß das Frontalorgan mit den Borsten in keiner Beziehung steht. Einmal ist das Mißverhältnis zwischen der Größe der Borsten und der Nerven zu groß. Anderseits ist die Endstelle des Nerven oft recht weit von der Medianen entfernt. An Präparaten von *Haloptilus* konnte ich sehen, daß die Fasern der Frontalnerven in einer Zellgruppe endigen. Daß nun diese Zellen ein zu den Borsten gehöriges peripheres Sinnesganglion bilden, halte ich für unwahrscheinlich, weil ich an ihnen keinen peripheren Fortsatz entdecken konnte, sie vielmehr von rundlicher Gestalt waren und unipolar erschienen und weil bei den Entomostraken den borstenförmigen Cuticularanhängen meist nur eine einzige Sinnesnervenzelle zugeordnet ist.

Was hat es dann nun mit diesen Stirnborsten für eine Bewandtnis. Ich bin der Ansicht, daß diese Gebilde eigentlich zur ersten Antenne gehören. Den Beweis hierfür könnte man nur so erbringen, daß man den Zusammenhang der Sinnesnervzellen der Borsten mit Fasern des Antennarius I nachweist. Bei der Feinheit der bezüglichen Verhältnisse ist mir dies noch nicht gelungen; doch kann ich mich auf ein analoges Verhalten bei den Cladoceren berufen. Bei diesen ist oberhalb der Ästekasken noch eine besondere Borste auf der ersten Antenne vorhanden, Grobbens Primärborste; der genannte Autor sieht sie aus guten Gründen für ein Organ von phyletischem Werte an. Bei *Bosmina* — bei der bekanntlich die ersten Antennen eine Art Rostrum bilden — rückt nun dieses Borstenpaar hoch auf die Stirn, bis nahe an das Komplexauge heran. Die Innervation erfolgt vom Antennarius I. So wie hier eine Verschiebung der Primärborsten vorliegt, so könnte es mit diesem Organ auch bei den Copepoden der Fall sein, dies um so mehr als ohnedies große Teile der vorderen Kopfgegend von Muskeln und Sehnen der ersten Antennen eingenommen werden, also gewissermaßen zu diesen gestellt werden müssen. Daß aber diese Borsten sich mit solcher Hartnäckigkeit bei allen Copepoden behaupten, würde — falls unser Vergleich richtig ist — nur um so mehr für Grobbens Anschauung sprechen.

Da die Borsten nun nach unsrer Meinung aus der Betrachtung der Frontalorgane ausscheiden, so bleibt uns noch zu untersuchen, inwieweit das Rostrum an der Bildung derselben beteiligt ist. Dieser eigenartige Stirnanhang kann bei manchen Formen sehr groß werden und in zwei lange Fäden ausgehen (Calaniden), oder aber fast ganz reduziert sein (z. B. *Euchaeta* oder Cyclopiden). Bei dieser Reduktion scheint aber die Dicke des Frontalnerven keinerlei Einbuße zu erleiden, weshalb eine innere Beziehung zwischen Rostrum und Frontalorgan unwahrscheinlich ist; wohl aber mag ein topographischer Zusammenhang bestehen, insofern der Endapparat des Frontalorgans öfters in

den basalen Teil des Rostrums hineinrückt. Übrigens sind am Rostrum nie Sinnesborsten oder Sinneszellen zu finden, und daher halte ich es für unrichtig, wenn manche Autoren das Wesentliche der Frontalorgane in mehr oder weniger langen Anhängen der Stirn erblicken, die sie — wenn auch nur ganz hypothetisch — mit Kopftentakeln der Anneliden in Homologie setzen wollen.

Wie ist nun der Endapparat der Frontalnerven beschaffen? Diese Frage vermag ich leider bisher nicht ausreichend zu beantworten und behalte mir vor, darauf genauer zurückzukommen, sobald ich neues Material bekommen habe. Bei *Euchaeta* führt der Frontalnerv zu verdickten Stellen der Hypodermis, was man am lebenden Tier sehen kann. An Schnitten erkennt man, daß in der Hypodermis, die hier aus vielen, dichtgedrängten Zellen besteht, ein heller Raum von kreisförmiger Gestalt ausgespart ist, in welchem Zellen besonderer Natur liegen; denn, während die umliegenden Zellen die Farbstoffe gierig aufnehmen, sind diese Frontalzellen fast stets ganz blaß gefärbt, und nur ihre peripher gelegenen Kerne von rundlicher Form treten stark hervor. Auch scheint noch eine besondere bindegewebige Hülle mit länglichen Kernen das Ganze zu umgeben, so daß man noch am ehesten den Eindruck eines Bläschens gewinnt. Die feinere Beschaffenheit nun dieser Zellen, und auch ihre Anzahl ließen sich aber nicht feststellen, da trotz verschiedenster Fixierungsmittel Schrumpfungen eingetreten waren. Den Frontalnerv konnte man stets in dieses Gebilde verfolgen, nicht aber waren austretende Fasern, die etwa zu den Stirnborsten führten, aufzufinden, woraus ich, wie ich schon sagte, schließe, daß es sich um unipolare Elemente handle.

Man könnte vielleicht noch einwenden, daß es sich hier um kein Sinnesorgan, sondern eher um eine Drüse handle. Abgesehen davon, daß dann eine so starke Innervation auffällig wäre, widerspricht dem auch das Verhalten bei *Haloptilus longicornis*, wo ich an Totopräparaten beobachten konnte, wie die Kontur der Nervenfaser direkt in die der Zelle übergeht, so wie es wohl bei Sinnesnervenzellen zutrifft, während Drüsenzellen meist in andrer Weise innerviert werden.

Bei den Pontelliden — wenigstens bei dem untersuchten Genus *Pontella* — scheinen sogar bei den beiden Geschlechtern verschiedene Ausbildungen der Frontalorgane vorzukommen. Wenigstens konnte ich bei den Männchen nebst den beiden seitlichen Organen noch ein unpaar gelegenes Organ auffinden, das aller Wahrscheinlichkeit mit den beiderseitigen in Zusammenhang steht. Das betreffende Gebilde bestand nur aus zwei großen Zellen, die zwischen sich einen eigentümlichen, krümeligen Körper einschlossen. Auch zeigte die Cuticula an den Stellen, wo bei den Männchen die Frontalorgane zu suchen sind, starke

Verdickungen, die ganz den Eindruck von Linsen hervorriefen. Freilich müssen erst weitere Untersuchungen zeigen, ob es sich um lichtbrechende Spezialapparate handelt, oder ob diese Verdickungen nur lediglich mechanische Funktionen erfüllen sollen.

Genaues wissen wir also über die »Frontalorgane« der Copepoden bisher noch nicht. Aber das eine können wir nunmehr schon auf Grund unsrer obigen Ausführungen sagen, daß man diese Organe nicht mehr schlechthin Frontalorgane nennen darf, da sonst ihre Unterscheidung von den Clausschen Organen bei *Eucalanus* verwischt würde. Stellen nun letztere die lateralen Frontalorgane dar, so werden wir die jetzt behandelten als die medialen anzusprechen haben. Während nun bei den Cladoceren gerade diese letzteren in sehr dürftiger Form erhalten sind, hingegen die lateralen Organe vielfach eine starke Ausbildung gewinnen, ist es bei den Copepoden gerade umgekehrt: bei allen Formen dürften mehr oder weniger deutliche Vertreter der medialen Organe vorhanden sein; die lateralen aber sind bis jetzt nur bei *Eucalanus* gefunden.

Kann man als Funktion der lateralen Organe auf Grund ihres feineren Baues mit größter Wahrscheinlichkeit Lichtperception annehmen, so ist es derzeit nicht möglich, irgendeine begründete Ansicht über die Funktion der medialen Organe aufzustellen. Sollten sich aber die oben erwähnten linsenförmigen Verdickungen bei *Pontella* als echte Linsen erweisen, so würde dies nicht übel zu dem Befunde von Nowikoff stimmen, wonach die Zellen des medialen Frontalorgans einiger Euphyllopoden denen des Medianauges ganz ähnlich gebaut sind. Es würde dann für das mediale Frontalorgan eine gleiche Funktion anzunehmen sein, wie für das laterale.

Zusammenfassend können wir sagen, daß so wie bei den Branchiopoden und Cladoceren zweierlei Frontalorgane vorkommen, dies auch für die Copepoden gilt. Die lateralen Frontalorgane sind in Clausschen Organen des *Eucalanus* vertreten, sonst aber noch nirgends nachgewiesen. Die histologische Analyse läßt sie als Lichtsinnesorgane erscheinen. Die medialen Frontalorgane sind die »Frontalorgane« der Autoren. Sie kommen wohl allen Formen zu. Ihr Bau ist bisher zu unbekannt, um einen Schluß auf ihre Funktion zuzulassen.

Die Frontalorgane und zugleich auch das Medianauge der Crustaceen stellen gewiß sehr altertümliche Organe dar und gewinnen hierdurch ein besonderes Interesse. Vom morphologischen Standpunkt aus haben sie meines Erachtens noch eine besondere Bedeutung. Untersuchungen am Cladocerengehirn haben mich zu der Überzeugung gebracht, daß dieser Organkomplex dem Teile des Gehirns zugeordnet ist, den wir als einen primären, vorsegmentalen betrachten müssen. Bei

höheren Krebsen, nämlich bei einigen Isopoden und Amphipoden, sind nun Organe beschrieben worden, die in vielen Punkten den medialen Frontalorganen der Copepoden zu gleichen scheinen. Die fraglichen Gebilde werden meist als Statocysten gedeutet. Ließe sich nun im weiteren eine wirkliche Übereinstimmung nachweisen, so könnte sich einerseits die Frage nach der Funktion dieser Organe der Lösung zuführen lassen, anderseits aber wären für die Vergleichung der primären Hirnpartien feste Stützpunkte gegeben. Diese eventuelle morphologische Bedeutung der Frontalorgane kann ich hier nur andeuten, wie auch auf eine mögliche Homologie mit Organen bei andern Arthropodengruppen — Tömösvarysche Organe, Postantennalorgane — nur hinweisen.

Über die Pontellidenaugen hoffe ich demnächst an andrer Stelle ausführlich zu berichten. Die Darstellung der Frontalorgane behalte ich mir für eine spätere Arbeit vor.

Am Schluß angelangt, erfülle ich die angenehme Pflicht, meinem hochverehrten Chef, Herrn Prof. Dr. C. J. Cori, für die vielfache Unterstützung meinen herzlichsten Dank auszusprechen. Im besonderen fühle ich mich für die Überlassung von wertvollem Copepodenmaterial der Najadeexpeditionen des »Adriavereins« verpflichtet, durch dessen Förderung diese Untersuchungen ermöglicht wurden.

Triest, den 12. Januar 1914.

Literaturverzeichnis.

Claus, C., Die freilebenden Copepoden. 1863.

——, Zur Kenntnis d. Organisation u. d. feineren Baues d. Daphniden u. verwandter Cladoceren. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 27. 1876.

——, Das Medianauge der Crustaceen. Arb. z. Inst. Wien. Bd. 9. 1891.

——, Über die Gattung *Miracia*. Ibid.

——, Über die Entwicklung u. d. System d. Pontelliden. Arb. Zool. Inst. Wien. Bd. 10. 1893.

Esterly, C. O., The light recipient organs of the Copepod *Eucalanus elongatus*. Bull. Mus. Harvard Coll. Vol. 53. 1908.

Giesbrecht, Die Asterocheriden. Fauna Flora Neapel. Monogr. 25. 1899.

——, Crustacea in: Handb. d. Morphologie d. wirbellosen Tiere. A. Lang. 1913.

Grobben, C., Die Entwicklungsgeschichte der *Moina rectirostris*. Arb. Zool. Inst. Wien. Bd. I. 1879.

——, Entwicklungsgeschichte von *Cetochilus septentrionalis* Goodsir. Ibid. Bd. 3. 1881.

Hesse, R., Untersuchungen über die Organe der Lichtempfindung bei niederen Tieren. 7. Von den Arthropodenaugen. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 70. 1901.

Klotzsche, K., Beiträge zur Kenntnis d. feineren Baues der Cladoceren (Daphnienmagen). Jen. Zeitschr. Bd. 50. 1913.

Korschelt, E. u. Heider, C., Lehrbuch d. vergl. Entwicklungsgeschichte d. wirbellosen Tiere. 1892.

Malaquin, A., Le parasitisme évolutif des Monstrillides. Arch. f. expér. Zool. Sér. 3. T. 9.

Nowikoff, M., Über die Augen u. Frontalorgane der Branchiopoden. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 79. 1905.

Nowikoff, M., Einige Bemerkungen über das Medianauge u. die Frontalorgane von *Artemia salina*. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 81.
Parker, G. H., The compound eyes in Crustaceans. Bull. Mus. Harvard College. Vol. 21. 1891.
Richard, J., Recherches sur le système glandulaire et sur le système nerveux des Copépodes libres d'eau douce. Ann. sc. nat. sér. 7. T. 102. 1892.
Strauß, E., Das Gammaridenauge. Ergeb. d. D. Tiefsee-Exped. Bd. 20. 1904.
Zograff, N. v., Das unpaare Auge, die Frontalorgane und das Nackenorgan einiger Branchiopoden. Ref. Zool. Centralblatt. 1904.

4. Über eine auf die Struktur des Echinodermenskelettes gegründete neue Methode zur Herstellung von polarisiertem Lichte[1].

Von Dr. Siegfried Becher,
Privatdozent und Assistent am Zoologischen Institut in Gießen.

(Mit 8 Figuren.)

eingeg. 17. Januar 1914.

Die Skeletstücke der Echinodermen sind nicht kompakt, sondern stellen bekanntlich ein überaus enges[2] Gerüstwerk feinster Balken dar. Sie sind daher für gewöhnliches Licht undurchsichtig, auch dann, wenn die organische Weichsubstanz zwischen den Balken durch Eeau de Javelle, Kalilauge oder dgl. entfernt wird. Jeder Lichtstrahl wird beim Eintritt und Austritt aus einem der Balken des maschigen Skelettes gebrochen und reflektiert und damit abgelenkt. Das wiederholt sich an jeder weiteren Masche, so daß bei genügender Dicke kein Lichtstrahl geradlinig durchtreten kann und ein solches Stück wegen der Zerstreuung des eintretenden Lichtes nach allen Richtungen völlig undurchsichtig erscheint, obwohl jeder Balken für sich genommen vollkommene Durchsichtigkeit besitzt. Diese Undurchsichtigkeit bleibt bestehen, solange eine Brechung an den Balken stattfindet, solange also ein Unterschied im Brechungsindex von Balkensubstanz und Zwischenraumfüllung vorhanden ist.

Nun bestehen aber die Balken des Echinodermenskelettes aus kristallinischem kohlensauren Kalk, aus Kalkspat, der bekanntlich doppelbrechend ist und jeden auffallenden Lichtstrahl in zwei Strahlen zerlegt, in den ordinären und den extraordinären, die beide linear polarisiert sind, wobei die Polarisationsebenen aufeinander senkrecht stehen.

---

[1] Da ich die Veröffentlichung der vorliegenden Mitteilung um mehr als ein Jahr verschieben mußte, so möchte ich darauf hinweisen, daß dieselbe die Grundlage gebildet hat zu einer Patentanmeldung, die bereits am 21. I. 1913 erfolgte. Als erste gedruckte Bekanntmachung über meine Arbeiten hat die Veröffentlichung der Patentanmeldung im Reichsanzeiger vom 23. VI. 1913 zu gelten.

[2] Als Anhaltspunkt zur Beurteilung der Größenordnung der Balkenstruktur mag die Angabe dienen, daß in den benutzten Skeletstücken der Abstand benachbarter Skeletbalken mit Einschluß einer Balkendicke im Mittel etwa 0,01—0,05 mm beträgt. Über die Balkenstruktur des Echinodermenskelettes wird demnächst eine ausführliche Abhandlung aus dem Gießener Zoolog. Institut erscheinen.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Zoologischer Anzeiger

Jahr/Year: 1914

Band/Volume: 44

Autor(en)/Author(s): Leder Heribert

Artikel/Article: Über die Augen der Pontelliden und die Frontalorgane der Copepoden. 105-122