

von Dobkiewiez. L., 1912

# Zeitschrift

für

## WISSENSCHAFTLICHE ZOOLOGIE

begründet

von

Carl Theodor v. Siebold und Albert v. Kölliker

herausgegeben von

**Ernst Ehlers**

Professor an der Universität zu Göttingen



Neunundneunzigster Band

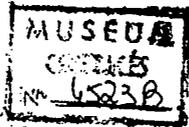
Mit 195 Figuren im Text und 22 Tafeln



LEIPZIG

Verlag von Wilhelm Engelmann

1912



# Über die Augen der Tiefseegalatheiden.

Von

Stud. zool. Leo v. Dobkiewicz.

(Aus der biologisch-systematischen Abteilung des zoologischen Instituts München.)

Mit 12 Figuren im Text und Tafel XXII.

## Inhalt.

	Seit-
I. Allgemeiner Teil.	
I. Material und Fragestellung . . . . .	658
II. Literatur. . . . .	690
III. Einleitung . . . . .	690
IV. Umbildende Faktoren . . . . .	691
a. absolute Tiefenverhältnisse . . . . .	691
b. Lebensgewohnheiten . . . . .	692
V. Systematik. . . . .	694
II. Spezieller Teil.	
I. Typische Dämmerungsaugen . . . . .	694
II. Augen aus aphotischen Regionen. . . . .	702
a. Pigmentierte Augen . . . . .	702
b. Pigmentlose Augen. . . . .	705
1) rückgebildete Augen . . . . .	705
2) umgebildete Augen . . . . .	710
$\alpha$ . Rückbildung des photoreceptorischen Teils . . . . .	710
$\beta$ . Umbildung des Augenstiels. . . . .	712
Schluß . . . . .	714
Methoden . . . . .	714
Literaturverzeichnis . . . . .	715
Erklärung der Abbildungen . . . . .	716

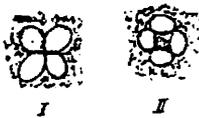
## Material und Fragestellung.

Das Material, auf welches sich meine Untersuchungen beziehen, stammt von der deutschen Valdivia-Tiefseexpedition aus den Jahren 1898—99 und von der ostasiatischen Forschungsreise DOFLEINS 1904.

Meine Arbeit stellt gewissermaßen eine Ergänzung zur Arbeit von K. MARCUS dar, der meist dieselben von mir beschriebenen Arten mit Beziehung auf die Geruchsorgane untersuchte. Er zieht einige allgemeine Vergleiche zwischen der Ausbildung der Augen und der der vorderen Antennen, und kommt zu dem Schlusse: »Kann ein in der Tiefsee lebendes Tier die ihm zu Gebote stehende geringe Lichtmenge nicht ausnutzen, und degeneriert das Auge infolgedessen, so tritt als Ersatz dafür das Geruchsorgan ein und erfährt dann eine umso höhere Ausbildung.«

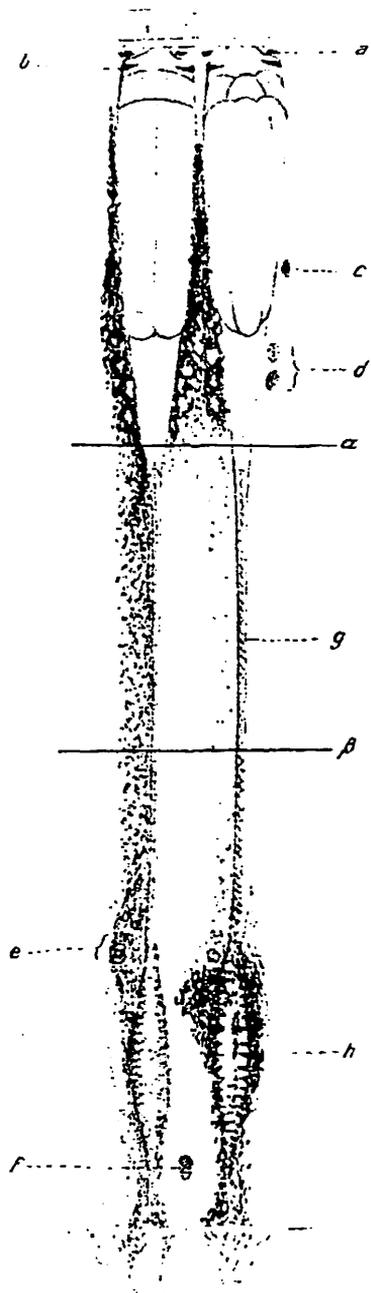
»Es läßt sich jedoch nachweisen, daß auch bei nicht ständig im Dunkeln lebenden Formen besondere Lebensgewohnheiten ebenfalls eine erhöhte Ausbildung des Geruchsorganes bedingen können.«

Da er aber seine Angaben nur auf das äußere Aussehen der Sehorgane stützt, erschien eine eingehendere Untersuchung des morpho-



Textfig. 1a.

Augenkeile des normalen Galatheidenauge: (*Galathea squamifera*). a, Kerne, der die Cornea bildenden Zellen; b, Kerne, der die Kristallkegel bildenden Zellen; c, Kerne der Pigmentzellen I. Ordnung; d, Kerne der sog. Sehzellen; e, Kerne der Pigmentzellen II. Ordnung; f, Kerne der Tapetumzellen; g, Fadenfortsätze der Augenkeile; h, Retinulae; I Querschnitt durch den Augenkeil in der Linie  $\alpha$ ; II Querschnitt durch den Augenkeil in der Linie  $\beta$  (bei starker Vergrößerung).



Textfig. 1.

Erklärung siehe nebenstehend.

logischen Baues der Augen geboten, deren Resultate ich in vorliegender Arbeit zusammenfasse.

Da das mir zu Gebote stehende Material aber keineswegs für histologische Zwecke konserviert und zudem seit 10 Jahren in Alkohol gelegen war, mußte ich von vornherein auf die Untersuchung der Feinheiten des histologischen Baues verzichten.

#### Literatur.

Die Mannigfaltigkeit, die sich in Form und Färbung der Augen der Tiefseekrebse zeigt, hat Anlaß zu vielen theoretischen Spekulationen in der populären Literatur gegeben. Wissenschaftliche Angaben treffen wir bei FAXON und SMITH, die aber nicht eine spezielle Familie der Krebse, sondern Formen der verschiedensten Familien, und diese nur rein äußerlich untersuchten. Erst MILNE-EDWARDS und BOUVIER konnten, auf Grund günstigen Materials verschiedener französischer Tiefseexpeditionen, eine größere Anzahl der gleichen Familie angehörigen Tiere (Galatheiden) genauer untersuchen; aus dem Studium des anatomischen Baues der Tiere, sowie aus den Beobachtungen beim Fange der Krebse zogen sie dann weitere Schlüsse auf deren Lebensgewohnheiten.

Der erste, der den inneren Bau der Augen von Tiefseeformen berücksichtigte, und mit Hilfe der modernen Technik seine Untersuchungen ausführte, war DOFLEIN, der das umfangreiche Brachyurenmaterial der Valdiviaexpedition bearbeitete.

Ich werde im Laufe meiner Arbeit noch öfter auf die Ergebnisse seiner Forschungen eingehen. Bemerken möchte ich hier, daß DOFLEIN in seinen beiden diesbezüglichen Werken (1903, 1904) auch die Familie der Galatheiden als günstig für die Untersuchung der Tiefseeaugen erwähnt, weil sie die verschiedensten Stufen von Rückbildung zeigt.

In ähnlicher Weise untersuchte DOHRN die Augen einiger Tiefseemacruren mit besonderer Berücksichtigung des feineren Baues der Ganglien.

#### Einleitung.

Einen großen Teil der im Benthos lebenden Decapoden stellen die anomuren Krebse dar, unter denen die Familie der Galatheiden ebenso zahl- und artenreich ist wie die der Paguriden. Vertreter jener Familie kommen in allen Tiefen vor, und sind den verschiedensten Lebensbedingungen unterworfen, ein Umstand, der die mannigfaltigsten Einrichtungen oft bei einer und derselben Art zur Folge hat.

### Umbildende Faktoren.

Die Faktoren, die eine solche Mannigfaltigkeit zustande bringen, lassen sich von zwei verschiedenen Gesichtspunkten aus betrachten. Es sind entweder

- I. die absoluten Verhältnisse, die in der Tiefe des Meeres herrschen, oder
- II. die individuellen Gewohnheiten der Tiere, die im Kampf ums Dasein entstanden sind.

#### Absolute Tiefseeverhältnisse.

Die sinnreichen Untersuchungen FORELS, REGNARDS und besonders LINSBAUERS haben gezeigt, daß schon in wenigen Metern Tiefe die Lichtintensität bedeutend abnimmt. REGNARD wies eine Abnahme der Strahlen nicht nur in quantitativer Hinsicht nach. Er zeigte besonders deutlich, daß die roten Strahlen schon in geringeren Tiefen bedeutend abnehmen und daß nur die dem Grün sich nähernden Strahlen in tiefere Schichten einzudringen vermögen.

Weitere Untersuchungen stammen von CHUN, der nach seinen Befunden über das Auftreten der Organismen in verschiedenen Tiefen drei Schichten unterscheidet: die euphotische Region, in der die besten Lichtverhältnisse herrschen, die dysphotische Region und die aphotische Region. Er untersuchte daraufhin die Phythoplanktonen und fand, daß sie sich in einer Tiefe von 350 m nur mehr ganz ausnahmsweise finden, da der für die Phythoplanktonassimilation notwendige Lichtintensitätsgrad hier nicht mehr erreicht wird; er schließt daraus, daß in dieser Schicht die aphotische Region beginnt.

Da aber auch in viel größeren Tiefen Tiere mit hochausgebildeten, zur Reception deutlicher Bilder bestimmten Augen, vorkommen (Fische mit Teleskopaugen — BRAUER, Brachyuren — DOFLEIN, Galatheiden — vorliegende Arbeit) müssen wohl auch Strahlen in diese tieferen Regionen gelangen können. Denn es scheint mir ausgeschlossen, daß die Tiere in diesen Schichten so gut entwickelte Augen nur zu dem Zwecke haben sollten, um die Leuchtapparate ihrer Feinde bemerken zu können.

Erst in den letzten Jahren wurde durch die eingehenden Forschungen der nordatlantischen Tiefseexpedition »MICHAEL SARS« festgestellt, daß die Lichtstrahlen in noch viel bedeutendere Tiefen einzudringen vermögen. Die Messungen über das Eindringen der Strahlen wurden in der Nähe der Azoren vorgenommen mit Hilfe eines von Dr. HELLAND-HANSEN konstruierten Photometers. HELLAND benutzte, um die verschiedenen Strahlen feststellen zu können, panchromatische Platten

und zur Kontrolle der Einwirkung einzelner Strahlen Farbenfilter aus Gelatine. Die Untersuchungen erstreckten sich auf vier verschiedene Tiefen und es ergab sich, daß die Lichtstrahlen die Platte bis zu einer Tiefe von 100 m stark beeinflussten. Dabei zeigte sich eine große Verschiedenheit in der Einwirkung der einzelnen Strahlen. Den schwächsten Einfluß übten die roten, den stärksten die blauen und violetten Strahlen aus und diese Differenz steigert sich mit der Tiefenzunahme wie es sich durch die Messungen bei 500 m ergab; in die Tiefe von 1000 m dringen nur mehr violette und ultraviolette Strahlen ein.

In 1700 m Tiefe gab es nicht die geringste Spur von Licht mehr selbst nicht, nachdem die Platten 2 Stunden dem hellen Tageslicht ausgesetzt worden waren.

Einige Platten wurden ohne Farbenfilter aufgenommen, einige mit grünem Filter, das eine 18mal längere, einige mit blauem, das eine 6 mal längere Expansionsdauer erfordert als eine Platte ohne Filter.

Die Verbreitung des Benthos hängt übrigens weder allein vom Lichtmangel, noch von niedriger Temperatur (die in größeren Tiefen — 2000 m — bis  $+1,3^{\circ}\text{C}$  steigt), noch von veränderter chemischer Zusammensetzung des Wassers ab. Die Hauptbedingung für eine große Verbreitung des Benthos besteht in guten Nahrungsverhältnissen und deshalb, zum Zweck der Anpassung an die vorhandenen Nahrungsverhältnisse machen die Tiere mannigfaltige Wanderungen selbst in die größten Tiefen, mit denen zahlreiche Umgestaltungen verbunden sind.

Von größter Bedeutung für sie sind aus diesem Grunde auch die organischen Regen, die besonders an den Stellen entstehen, wo Meeresströmungen verschiedener Temperatur zusammenstoßen. So treibt z. B. der Golfstrom aus den wärmeren Regionen in die nördlichen Gewässer eine große Menge von schwebenden Organismen, die hier infolge der erniedrigten Temperatur zugrunde gehen und zu Boden sinken. Durch die Reste dieser Organismen wurden im Laufe der Jahrtausende große unterozeanische Bänke und Rücken gebildet. An solchen Plätzen sammelt sich stets eine große Anzahl des sich vom Detritus nährenden Benthos an und hier sind deshalb auch von WYVILLE-THOMSON (zwischen Island und der Nordsee), DOFLEIN (in den japanischen Meeren,) neuerdings vom Fürsten von Monaco (in der Nähe der Azoren) und vielen andern die reichsten Funde gemacht worden.

#### Lebensgewohnheiten.

Oft schon in dysphotischen Regionen treffen wir unter den Galatheidcn nebeneinander lebend Formen, die in ihrem ganzen Bau und

besonders in der Entwicklung ihrer Sinnesorgane, von denen uns speziell die Augen interessieren werden, total verschieden sind. Neben vollkommen blinden Tieren leben solche mit ausgezeichnet entwickelten, sogar sehr hoch angepaßten Augen.

Wie diese Anpassungstypen der Augen ist auch der Bau des Körper ein sehr verschiedener.

Die Tiere mit gut entwickelten Sehorganen besitzen in der Mehrzahl schlanke, leichte Beine und sehr lange und bewegliche Scheren.

Bei blinden Formen dagegen finden wir kräftige, aber wenig beweglich gebaute Glieder und einen plumpen, verhältnismäßig großen Körper. Ihr Darminhalt weist auf ausschließliche Detritusernährung hin. Ich konnte selbst einige Formen daraufhin untersuchen und fand stets eine große Menge zierlicher Radiolarienkieselskelette, Foraminiferengehäuse, Globigerinen, vor allem aber viele Sandkriställchen und Schlamm.

Die blinden Tiere scheinen also, wie sich aus ihrem Bau und ihrer Ernährung ergibt, eine träge Lebensweise zu führen; dies erweist sich auch bei ihrem Fange, da sie stets in Schlamm und Gestein versteckt, mit diesen herausgefischt werden.

Bei den mit gut entwickelten Augen ausgestatteten Formen dagegen läßt sich im Gegensatz zu ersteren auf Grund gleicher Untersuchungen und Beobachtungen auf eine ziemlich lebhaftere Beweglichkeit der Tiere schließen, wenn auch von ihnen keine großen und weiten Wanderungen am Meeresboden ausgeführt werden; sie halten sich vielmehr stets in einem beschränkten Umkreise auf, meist an den Stöcken sessiler Tiere, deren Nahrung sie teilen und mit denen sie auch an die Oberfläche gebracht werden. Das Zusammenleben geht so weit, daß sogar oft eine gewisse Anpassung der Krebse in der Färbung stattfindet, die auch zum Zwecke des Schutzes gegen Feinde ausgenützt wird, wozu die Dofleinschen Befunde während seiner Forschungsreise in der japanischen Meeren schöne Beweise geliefert haben.

Um aber ihre Beute zu erlangen, und genügende Nahrung zu erhalten, müssen diese Krebse, da sie ihren Platz wenig verändern, große Geschicklichkeit und scharfes Sehvermögen besitzen.

Nicht nur die absoluten Tiefenverhältnisse allein scheinen daher ummodelnde Faktoren zu sein; mit ihnen vereinigen sich die verschiedenen Lebensgewohnheiten, die im Kampf ums Dasein entstanden sind, und diese beiden Faktoren wirken in allen Tiefen des Meeres auf einander ein.

## Systematik.

Mit Beziehung auf den Bau der Augen teile ich die Tiere folgendermaßen ein:

- I. Typische Dämmerungsaugen. (Angepaßte Augen.)
- II. Augen aus aphotischen Regionen.
  - a. Pigmentierte Augen.
  - b. Pigmentlose Augen.
    1. rückgebildete Augen,
    2. umgebildete Augen.
      - α*. Rückbildung des photoreceptorischen Teils.
      - β*. Umbildung des Augenstiels.

### I. Typische Dämmerungsaugen.

*Munida andamanica* Alc. ♀, erwachsenes Exemplar.

Tafel XXII, Fig. I, Textfig. 2.

Station: 265.

Zeit: 9 a.

Fang: Grundnetz Trawl.

Lotung: 628 m.

Stromgebiet: Indischer Nordäquatorialstrom.

Datum: 30. III. 1899.

Gebiet: Nahe unter der Küste von Ostafrika (Somaliland).

Das Auge von *Munida andamanica* weicht schon äußerlich von demjenigen litoral lebender Formen ab. Die Region der Facetten ist nach allen Seiten hin kolossal vergrößert, sodaß diese starke Verbreiterung der Facettenregion den Augenstiel, der zurückgedrängt wird, auf ein Minimum reduziert; trotzdem bleibt das Auge durch das Vorhandensein einer sehr starken Muskulatur und durch die Form des Augenstiels sehr beweglich.

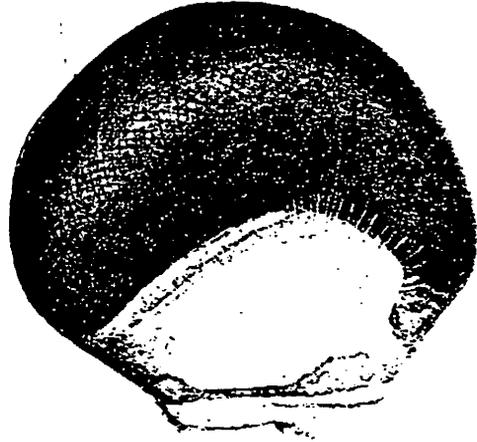
Die feineren histologischen Verhältnisse habe ich an Längs- und Querschnitten studiert und daraus Folgendes festgestellt: Die Corneafacetten erweisen sich nur nach außen convex. Das dunkelbraune Pigment befand sich in Superpositionsstellung. *Munida andamanica* war am Morgen (9h) an die Oberfläche gebracht worden und längere Zeit am Lichte geblieben. Da sich die Pigmentierung in keiner Weise veränderte, schließe ich, daß diese Nachtstellung des Pigmentes fixiert ist.

DOFLEIN fand bei Brachyuren, die aus ähnlichen Tiefen und zu verschiedenen Tageszeiten gefischt, und längere Zeit im Lichte geblieben waren, auch Superpositionsstellung, und nimmt an, daß diese

Stellung schon als charakteristische Anpassung der Dämmerungsaugen auftritt.

Dicht unter der Cornea liegt eine dünne Hypodermissschicht mit den corneagenen Kernen. Die Augenkeile sind ganz normal gebaut. Der Kristallkegel besteht der Länge nach aus drei deutlich voneinander abgesonderten Teilen. Im obersten fein körnig strukturierten Teil gleich unter der Hypodermis liegen die vier kristallogenen SEMPERschen Kerne, (GRENACHER) die auf Längsschnitten als zwei kleine Dreiecke erscheinen. Auf Querschnitten sondert sich der Kristallkegel deutlich in vier Partien, deren jede einen Kern enthält. Die Kerne erscheinen auf solchen Bildern sichelförmig und umgeben den Kristallkegel von oben und außen.

Die zweite Schicht stellt den eigentlichen Kristallkegel dar; er ist stark lichtbrechend und vollkommen homogen. Von den oberen und unteren an ihn stoßenden Teilen ist er scharf abgetrennt.



Textfig. 2.

*Munida andamanica* Alc. Linkes Auge von oben und seitwärts.

Der untere Teil zeigt die gleiche Struktur wie der obere, nur scheint er von außen mit einem homogenen Mantel umgeben, der bei Behandlung mit Reagentien erhalten bleibt, während die innere Partie leicht zerstört wird. Dieser Teil verjüngt sich stark nach unten. Ob die erwähnte Mantelzone weiter in die vier dünnen Fortsätze übergeht, die zu der Membrana fenestrata laufen, und hier fest haften, wie ich es bei litoralen Formen gefunden habe, und wie es auch kürzlich DOHRN, und früher M. SCHULZE und PARKER beschrieben haben, konnte ich aus meinem Material nicht feststellen. Vermutlich ist dies jedoch der Fall, wie auch aus der Analogie des allgemeinen Baues mit litoralen Formen, sowie aus dem Verhalten der Mantelzone gegenüber Reagentien zu schließen wäre.

Die Fadenfortsätze der Augenkeile sind sehr lang — viel länger als bei litoralen Formen — und gehen proximal in die schmalen spindelförmigen Retinulae über. Längsschnitte durch die Retinulae

zeigten entweder einfache Querstreifung oder Reihen alternierender, quer zur Hauptachse verlaufender Stäbchen, wie schon DOFLEIN u. a. beschrieben haben. Die Stäbchen und Streifen scheinen vollkommen homogen; auch bei stärksten Vergrößerungen ließen sich keine feineren Strukturen erkennen.

Zwischen den unteren Teilen der Kristallkegel liegen die länglich-ovalen Kerne der Pigmentzellen. (Iris-Pigment, Pigment I. Ordnung.) Die Lage der Kerne ist aus den Tafeln ersichtlich. Die Kerne des Retinapigments liegen der oberen Spitze der Retinulaespindeln dicht an und sind stets lateralwärts von der Hauptachse des Tieres gerichtet. Auf Schnitten erhielt ich sehr oft zwei übereinander liegende Kerne. Ob aber zu jeder Retinula entsprechend zwei Pigmentzellen gehören, kann ich nicht entscheiden. Zwischen den unteren Spitzen der Retinulae liegen die Kerne der Tapetumzellen; aus Querschnitten läßt sich ersehen, daß eine Tapetumzelle fünf bis sieben Augenkeile umgibt.

Die Kerne der Sehzellen liegen an der Verjüngungsstelle des Kristallkegels. Ihre Zahl festzustellen, war mir nicht möglich, da die Kerne sich in verschiedenen Flächen befanden und deshalb nicht in einen Schnitt zu liegen kamen. Die Anordnung des Retinapigments auf Querschnitten läßt aber auf die Zahl von sieben Sehzellen schließen. Hier fand ich schöne siebenstrahlige Rosetten.

Die Membrana fenestrata verläuft wie bei den andern Formen und enthält keine Kerne. Die Ganglia optica — besonders das vierte, proximale — waren sehr stark entwickelt. Das allgemeine Verhalten derselben zeigte auch nichts Auffälliges in Beziehung auf die feineren Verhältnisse des Baues und entsprach dem bereits eingehend von PARKER und DOHRN<sup>1)</sup> für einige Tiefseemacuren geschilderten.

*Munida andamanica* Alc. (2), junges Exemplar.

Tafel XXII, Fig. 1.

Station: 194.

Zeit: 9 a.

Fang: Grundnetz Trawl.

Lotung: 614 m.

Stromgebiet: Indischer Gegenstrom.

Datum: 1. II.

Gebiet: Im Nias-Süd-Kanal.

Die Augen dieses jungen Exemplars gleichen äußerlich völlig denen des vorherbeschriebenen und unterscheiden sich nur durch die

<sup>1)</sup> Ergebnisse der deutschen Tiefseeexpedition.

Größe von ihnen. Pigment jedoch findet sich hier nur in der Retinalregion, wie ich auf Schnitten feststellen konnte. Das Pigment I. Ordnung scheint vollkommen zu fehlen. — Ich bemerke, daß beide *Munida andamanica* in Spiritus konserviert waren und gleich lange darin gelegen hatten.

Da ich an diesem zweiten Auge das Verhalten des Tapetum feststellen wollte, behandelte ich es äußerst vorsichtig. Ich hielt es kürzer in den Reagentien und schaltete — trotz der Färbung mit Boraxkarmin — die Alkohol-Salzsäurebehandlung ganz aus. (HCl löst bekanntlich die Tapetumsubstanzen sehr leicht auf.)

Es fragt sich nun, ob das junge Tier rückgebildete oder schwächer entwickelte Augen als das alte besitzt.

DOFLEIN nimmt an, daß bei jungen Tieren die Augen besser ausgebildet sein müssen, daß sie infolgedessen auch eine größere Menge von Pigment enthalten müssen, und daß deshalb auf keinen Fall das Pigment I. Ordnung fehlen könne. Er untersuchte daraufhin eine große Anzahl von Brachyuren und fand regelmäßig bei Formen mit rückgebildeten Augen eine kleine Zahl sehr großer Eier. Die Tiere machen den größten Teil ihrer Metamorphose in den Eihüllen durch und schlüpfen erst nach vollkommener Ausbildung aus.

Bei typischen Dämmerungsformen dagegen fanden sich umgekehrte Verhältnisse; hier ließ sich stets eine sehr große Anzahl kleiner Eier feststellen; der größte Teil der Metamorphose findet außerhalb des Eies statt. Die Tiere schwimmen als pelagische Larven frei umher. DOFLEIN schließt aus diesen beiden Beobachtungen folgendes:

Diejenigen Formen haben verkümmerte Augen »deren Entwicklungsgeschichte sie durch Generationen hindurch dauernd dem Lichte entzieht; diejenigen Tiere jedoch, welche durch die Vermittelung ihrer freischwimmenden Larvenstadien in jeder Generation die Möglichkeit haben, mit dem Licht in Berührung zu treten, haben wohlentwickelte, oft hochangepaßte Augen«.

Die Ausbildung der Augen ist also nach DOFLEIN von der Art der embryologischen Entwicklung abhängig.

Ich schnitt selbst Embryonen von *Cyclodorippe uncifera* Alc., die von einem Muttertier stammten, dessen Augen vollkommen pigmentfrei waren und fand hier eine normale Pigmentanhäufung.

Da die beiden *Munida andamanica* aus verschiedenen Gebieten stammten, könnte als andre Möglichkeit der Erklärung des verschiedenen Baues ihrer Augen noch die Annahme in Betracht kommen, daß wir es hier mit »Standortsvarietäten« zu tun haben. DOFLEIN

fand auch bei *Cyclodorippe* wie bei vielen andern Formen von ein und derselben Art kleine Abweichungen im Bau und im allgemeinen Verhalten der Augen je nach den verschiedenen Verbreitungsgebieten; solche Abweichungen bezeichnet er als Standortsvarietäten.

*Munida squamosa* Hend.

Tafel XXII. Fig. 2, Textfig. 3.

Station: 208.

Zeit: 9 a.

Fang: Grundnetz Trawl.

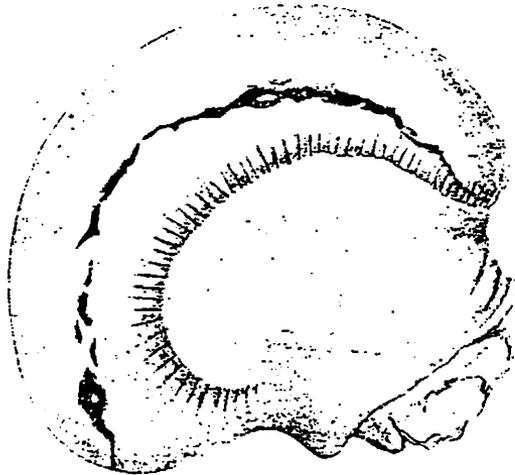
Lotung: 296 m.

Stromgebiet: Indischer Nordäquatorialstrom.

Datum: 7. II.

Gebiet: Im Südwesten von Groß Nikobar.

Bei diesem Tier ist die äußere Form des Auges von besonderem Interesse. Die Region der Corneafacetten ist zwar ebenso stark aus-



Textfig. 3.

*Munida squamosa* Hend. Linkes Auge von oben und seitwärts.

gebildet wie bei den vorher beschriebenen Formen, doch entstehen neue Augenkeile nur in dorso-medialer Richtung. Das Auge wird dadurch seitlich abgeplattet und erhält eine fächerförmige Gestalt. An der lateralen Seite verlaufen im Bogen feine schimmernde Haare. Die Farbe des Auges ist perlmutterglänzend.

Parallel dem Bogen und dicht an ihn angrenzend zieht sich ganz unregelmäßig ein einziger dunkelbrauner Pigmentfleck.

Eine Facettierung konnte ich hier weder äußerlich noch an Schnitten feststellen.

Trotzdem die Cornea äußerlich ganz farblos und hell erscheint und nur den besprochenen unregelmäßigen Pigmentfleck enthält, fand ich auf Schnitten doch eine geringe Menge von Pigment, das besonders an der Peripherie an den Stellen, die ungefähr dem Pigmentfleck entsprachen, in dichten Klümpchen angesammelt war.

Man könnte daraus schließen, daß die abgeplattete Form dieses Auges nicht allein durch den Zuwachs von Augenkeilen in dorsaler Richtung zustande gekommen ist, sondern auch durch Rückbildung einzelner seitlicher Augenkeile, als deren Rest der oben beschriebene Pigmentfleck zu deuten wäre.

Die Augenkeile und Ganglia optica gleichen denjenigen von *Munida andamanica*. Die Fadenfortsätze sind hier fast ebenso lang wie bei *M. andamanica*. Das vierte Ganglion opticum aber ist etwas kleiner und proximalwärts verschoben, so daß die vier Ganglien nicht so dicht einander anliegen, wie es bei *M. andamanica* der Fall ist.

Die Tapetumsubstanz fehlt vollkommen und die Tapetumzellen sind weniger deutlich.

Das Auge ist sehr gut beweglich.



Textfig. 4.

*Ptychogaster Valdiviae* n. sp.  
Längsschnitt.

### *Ptychogaster Valdiviae.*

Textfig. 4 und 5.

Station: 208.

Zeit: 9 a.

Fang: Grundnetz Trawl.

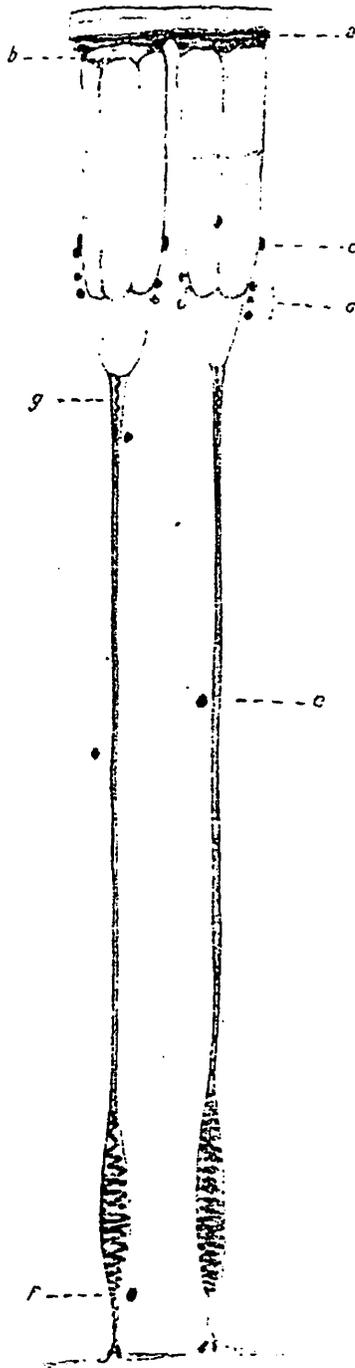
Lotung: 296 m.

Stromgebiet: Indischer Nordäquatorialstrom.

Datum: 7. II.

Gebiet: Im Südwesten von Groß Nikobar.

Das Auge dieses Tieres ist, ähnlich wie bei den Palaemoniden, birnenförmig gestaltet und ebenso stark wie bei jenen beweglich. Die Cornearegion ist sehr entwickelt und läßt eine deutliche Facettierung erkennen. Ihre hell rotbraune Färbung ließ auf starke Pigmentierung



Textfig. 5.

*Ptychogaster Valdiviae* n. sp. Augenkeile.  
Erklärung s. Textfig. 1.

schließen, doch fand ich auf Schnitten keine Spuren von Pigment. Die Kristallkegel und die andern Augenbestandteile waren aber goldgelb gefärbt. Die Kerne des Pigments I. Ordnung liegen an gleicher Stelle wie die der beschriebenen Formen, die II. Ordnung dagegen fehlen zwischen den oberen Spitzen der Retinulae, wo man sie gewöhnlich bei den Galatheiden findet. Auf halber Mitte der Augenkeile fand ich jedoch zwischen den Fadenfortsätzen eine Reihe von runden Kernen. Es ist möglich, daß dieselben dem Retinapigment angehören. Dann fragt es sich, ob die Kerne überhaupt verschiebbar sind, oder ob eine konstant gebliebene Verschiebung nach oben stattgefunden hat.

Bei Palaemoniden sind schon längst verschiebbare Pigmentzellen bekannt, und erst kürzlich hat von FRISCH wieder neuerdings ihr Vorhandensein bestätigt. Allerdings handelte es sich hier um pigmentgefüllte Zellen.

Bei *Ptychogaster* aber war, wie schon bemerkt, kein Pigment im Auge zu finden und die äußere Färbung beruhte auf andern Ursachen, ähnlich wie es DOFLEIN bei *Geryon affinis* gefunden hat. Im Totalen zeigte sich hier das Auge rotbraun gefärbt, auf Schnitten aber fanden sich in den Pigmentzellen keine Spuren von Pigment. Nur die Kristallkegel waren dunkelgelb gefärbt.

Nachdem das Vorhandensein wohl ausgebildeter Pigmentzellen, die aber kein Pigment enthielten, bei

*Geryon affinis* festgestellt war, hat DOFLEIN die Vermutung ausgesprochen, daß das im Auge vorhanden gewesene Pigment aufgelöst worden ist und die umgebenden Bestandteile des Auges gefärbt hat. Oder wahrscheinlicher erscheint es ihm »daß die Farbigekeit der betreffenden Augen nicht auf farbigem Pigment, sondern auf der Imprägnierung der optischen Bestandteile, eventuell auch der Schlemmerente mit einem durchsichtigen Farbstoff beruht. Eine solche Imprägnierung könnte in zweierlei Richtungen nützlich sein:

1) sie könnte die Ausnutzung der in die Tiefe dringenden Strahlen des Spectrums erhöhen, oder

2) sie könnte das Auge speziell für von Leuchtorganen ausgehendes farbiges Licht sensibel machen.«

Ich muß hier auch bemerken, daß die von mir untersuchten Embryonen von *Cyclodorippe* außer dem ziemlich rotbraunen Pigment eine ebenso rote Färbung in allen Augenbestandteilen zeigten.

Nach mündlicher Mitteilung von Professor DOFLEIN fand dieser bei der Untersuchung von unter dem Deckglas lebend gequetschten Larven derselben schon hier stets eine solche orange-rote Färbung.

Ein Beweis, daß dieselbe weder durch das längere Liegen im Alkohol noch durch das Behandeln der konservierten Tiere mit Reagentien hervorgerufen worden sein kann.

Die Kerne des Tapetum bei *Ptychogaster* lagen normal zwischen den unteren Enden der Retinulae; die Tapetumzellen waren sehr gut ausgebildet; sie zeigten die typischen lappen- und fingerförmigen distalwärts gerichteten Fortsätze, wie man sie auch bei mehreren littoralen Formen in der Anordnung der Tapetumsubstanz findet. Nach der Färbung mit Bleu de Lyon erscheinen sie schwach grünlich. Tapetumsubstanz war nicht vorhanden; es ist sehr möglich, daß sie durch das lange Liegen in Alkohol aufgelöst worden ist.

Weiterer Schlüsse über das Verhalten oder die Notwendigkeit der erwähnten Stoffe (Pigment, Tapetum) im Auge der Tiefseedecapoden möchte ich mich enthalten, da die ganze Frage nach der Pigmentierung im Tierkörper noch nicht geklärt ist.

Was die feineren histologischen Details betrifft, so möchte ich die eigenartigen, bisher in der Literatur noch nicht beschriebenen, in den Retinulae spiralig aufgerollten Fäden hervorheben; diese verlieren sich nach oben in den Fadenfortsätzen und zeigen eine zwar feinere, aber doch deutlich wahrnehmbare Spirale erst wieder an der Stelle, wo die Kristallkegel in die Fadenfortsätze übergehen. Am unteren Ende der Retinulae verlaufen die Fäden gegen die Membrana fenestrata.

DOFLEIN fand bei *Pleistacantha moseleyi* eine ähnliche zweireihige Anordnung der Retinulae, die aber normale Querstreifung zeigten.

Ob die spirraligen Fäden im Leben tatsächlich vorhanden sind, oder ob die Spirale eine Folge nicht entsprechender Fixierungsmethoden ist, kann ich vorläufig nicht entscheiden.

An anderer Stelle werde ich noch näher auf die Frage des Baues der Rhabdome eingehen, die ja für die gesamten Decapoden, wie schon DOHRN bemerkt hat, noch unaufgeklärt ist.

Mit diesen drei von mir beschriebenen Formen:

*Munida andamanica* (1, 2),

*Munida squamosa*,

*Ptychogaster Valdiviae*.

schließe ich die Betrachtung der ersten Gruppe — typische Dämmerungs-  
augen — ab.

Als charakteristische Merkmale dieser Gruppe lassen sich an-  
führen:

- 1) die übermäßig starke Ausbildung der Corneafacettenregion;
- 2) die übermäßig große Länge der Fadenfortsätze der Augenkeile;
- 3) die große Zahl der Augenkeile;
- 4) die minimale Dicke der Cornea;
- 5) die geringe Breite der Kristallkegel im Verhältnis zu ihrer Länge;
- 6) die übermäßige Entwicklung der Ganglia optica;
- 7) die große Beweglichkeit des Augenstiels.

## II. Augen aus aphotischen Regionen.

### Pigmentierte Augen.

*Munida microphthalmia* M-Edw.

Tafel XXII, Fig. 3. Textfig. 6.

Station: 37.

Zeit: 6 a.

Fang: Grundnetz Trawl.

Lotung: 1694 m.

Stromgebiet: Gebiet des Guineastroms.

Datum: 29. VIII.

Gebiet: Im Nordosten von Bravista, Kap Verden.

Das Tier stammt aus einer Tiefe, die weit die Grenze der Däm-  
merungszone überschreitet.

Äußerlich ist das Auge von *Munida micropthalma* verhältnismäßig klein, von walzenförmiger Gestalt. Die Region der Facetten ist im Vergleich zu litoralen Formen stark reduziert. Die Cornea zeigt eine hellbraune Färbung, mit dunkelbraunen, unregelmäßigen Flecken am Rande. Schon bei der Betrachtung mit der Lupe konnte man zahlreiche, große, polygonale Facetten unterscheiden. Der Augensiel ist gelblich-weiß und besitzt den den Tiefseegalatheiden eigenen Perlmutterschimmer; er ist mit feinen zerstreuten Haaren bedeckt. Seine Beweglichkeit ist eine bedeutend geringere als bei den andern beschriebenen Formen, worauf schon der Bau des unteren Teiles des Stieles schließen läßt.

Auf Schnitten fand ich die Corneafacetten nur nach außen convex. Pigment war in beträchtlicher Menge vorhanden. Das Retinapigment war von tief dunkelbrauner Farbe und besonders an der Peripherie in größerer Masse angesammelt. Hier muß entweder die Neubildung der Augenkeile stattfinden, oder es haben, wie man auch annehmen könnte, die Pigmentzellen, die sich hier ansammeln, die Stelle der hier rückgebildeten, verschwundenen Augenkeile ausgefüllt, was ich bei der sehr kleinen Zahl der Augenkeile, für sehr wahrscheinlich halte. Dieser Anhäufung von Pigment entsprechen auch die erwähnten Flecken am Rande der Cornea. Die Fadenfortsätze der Augenkeile sind kurz und breit geworden. Das erste Ganglion opticum rückt proximalwärts weit von der Membrana fenestrata ab, zu der Nervenbündel in mehreren Ästen verlaufen. Der gesamte Ganglienkomplex ist proximalwärts verschoben. Das erste Ganglion ist stark verkleinert.

Wenngleich aber in diesen aphotischen Regionen die Augen für die Tiere durchaus unnötig sind, ist doch noch keine vollkommene Rückbildung eingetreten; vielmehr entsprechen die einzelnen Augenkeile, sowie die Ganglia optica in ihrem Bau allen Anforderungen der Physiologie des zusammengesetzten Auges, und lassen annehmen, daß



Textfig. 6.

*Munida micropthalma* N-Edw.

diese Ausbildung der Augen aus der Zeit des Larvenlebens der Tiere herrührt; denn den Vermutungen mancher Autoren, daß diese gut ausgebildeten Augen den Tieren in diesen Tiefen nur dazu dienen sollen, um ihnen die Leuchtapparate ihrer Feinde bemerklich zu machen, kann ich mich nicht anschließen.

Vielmehr haben die neuesten Untersuchungen auf diesem Gebiet klar genug gezeigt, daß Tiere mit den größten Leuchtapparaten und in diesem Falle kann es sich nur um solche handeln, Bewohner geringerer Tiefen sind.

HJORTH, der seine Angaben auf die zahlreichen Erfahrungen der norwegischen Tiefseeexpedition »Michael Sars« stützt, sagt hierüber: "It is important to lay stress upon the fact, that these remarkable light organs, and peculiar telescopic eyes do not belong to the dark region in the sea, where the sunlight never penetrates, but, on the contrary, to a region where there are, at any rate, considerable quantities of the rays which are nearest to the blue, violet, and ultra-violet portion of the spectrum.

There has been a good deal of discussion as to whether the light emitted by the light organs was entirely produced by the vital energy of the organisms, or whether the organisms had the power of transforming the ultra-violet rays of the sunlight into rays of lesser wavelength. The observations I have described here cannot, of course decide questions of this kind, but they show, at any rate, that lightemitting organisms live in water-layers in which there are quantities of rays from the sun. And we recognize, further, in these forms a new biological type of organisms, a separate group with quite characteristic outward conditions of existence." (p. 509).

Fasse ich die charakteristischen Eigenschaften dieses zweiten Typus (der leider nur durch eine Form repräsentiert ist): Augen aus aphotischen Regionen — Pigmentierte Augen, — zusammen, so ergeben sich folgende Punkte:

- 1) verkleinerte Region der Corneafacetten;
- 2) kurze Fadenfortsätze;
- 3) breite und kurze Kristallkegel;
- 4) Verkleinerung der ersten Ganglia optica;
- 5) Verschiebung der Augenganglien.
- 6) geringe Zahl der Augenkeile;
- 7) verminderte Beweglichkeit des Augentiels.

Pigmentlose Augen.

Rückgebildete Augen.

*Munidopsis (Galathodes) tridentata* Esmark.

Tafel XXII. Fig. 4

Station: 265.

Zeit: 9 a.

Fang: Grundnetz Trawl.

Lotung: 628 m.

Stromgebiet: Indischer Nordäquatorialstrom.

Datum: 30. III.

Gebiet: Nahe unter der Küste von Ostafrika (Somaliland).

Das Auge von *Munidopsis tridentata* ließ weder äußerlich noch auf Schnitten Pigmentierung und Facettierung erkennen. Dorso-medial dicht bei der Cornea befindet sich ein Büschel großer, stielartiger Haare. Die ganze Facettenregion ist medio-lateralwärts verschoben, wie aus der Tafel ersichtlich ist. Die Cornea erreicht eine bedeutende Dicke. Die Kristallkegel waren in die Länge gezogen, sehr schwach lichtbrechend und liefen gegen die Retinulae spitzig zu. Die Kerne der Hypodermis sind in Wucherung begriffen und dringen tief in die Kristallkegel hinein zwischen die ebenfalls in Wucherung begriffenen SEMPERschen Kerne. Sie sind von beträchtlicher Größe, von kugelig oder länglicher Form, und, wie auch die Abbildung zeigt, sehr chromatinarm.

Auf einigen Querschnitten konnte ich auch alle vier Teile des Kristallkegels feststellen; sie waren aber meistens unregelmäßig und ungleich groß.

Die Kerne, die ihrer Lage nach denen der Pigmentzellen I. Ordnung entsprechen, sind stäbchenförmig geworden. Die Sehzellenkerne fand ich an einigen schlechter erhaltenen Exemplaren zwischen Retinulae und Kristallkegeln eingeschoben, wie es DOFLEIN für *Hypsophrys longipes* oder *Homolodromia Bouvieri* n. sp. Dofl. abgebildet hat; an besserem, mit Sublimat konserviertem Material jedoch zeigte sich sehr deutlich, daß die Kerne der Sehzellen dem spitzen Ende der Kristallkegel dicht anliegen. Auf einigen Schnitten zählte ich deutlich sieben Kerne.

Die Fadenfortsätze der Augentiele sind gänzlich verschwunden und die stark in die Länge gezogenen quergestreiften Retinulae vereinigen sich unmittelbar mit den Kristallkegeln. Zwischen den Retinulae lagen noch wenige zerstreute Kerne, deren Zugehörigkeit nicht zu bestimmen war.

Die Ganglia optica sind fast vollkommen aus dem Augienstiel weggerückt; nur das erste kleine Ganglion liegt noch innerhalb desselben. Von ihm verläuft gegen die Membrana fenestrata ein mächtiger Nervenstrang, der sich in seinem weiteren Verlauf verästelt (s. Abbildung) und Faserbündel in die Retinulae schickt. Die Membrana fenestrata zeigt normalen Bau. Den ganzen Augienstiel füllt dichtes Bindegewebe aus. Zu den Haarbüscheln gehen, von den Ganglia optica unabhängig, einzelne Nervenstränge, die dicht der Hypodermis anliegen.

*Elasmonotus cylindrophthalmus* Alc.

Tafel XXII, Fig. 5, Textfig. 7.

Station: 194.

Zeit: 9 a.

Fang: Grundnetz Trawl.

Lotung: 614 m.

Stromgebiet: Indischer Gegenstrom.

Datum: 1. II.

Gebiet: Im Nias-Süd-Kanal.

*Elasmonotus cylindrophthalmus* stellt die Form dar, die unter allen von mir untersuchten Galatheiden die merkwürdigsten Augen besitzt. Sie sind von gelblich-weißer Farbe und zeigen einen von den bisher beschriebenen Arten vollkommen abweichenden Bau, der keineswegs von großem Vorteil für das Tier sein kann.

Wie schon der Name besagt, ist das kleine, unbewegliche und vollkommen unbehaarte Auge schmal cylindrisch gestaltet, und auf seiner ganzen Oberfläche glatt und glänzend, während bei den pigmentfreien Augen der übrigen Tiefseeformen nur die Cornea allein glänzend erscheint.

Schon aus dieser äußeren Beobachtung läßt sich vermuten, daß das Auge keinen Stiel besitzen kann, oder vielmehr, daß dieser ganze Stiel in eine Cornea umgewandelt ist.

Auf Schnitten konnte ich feststellen, daß sich die, im Verhältnis zu der der andern Augen sehr dünne, Cornea proximal stark — fast um das dreifache — verdickt.

Die Innenseite der Cornea ist mit einer deutlich wahrnehmbaren Hypodermissschicht bedeckt, der sich die Reste der stark veränderten Kristallkegel anschließen, die proximal in die Masse des Bindegewebes übergehen.

Im Auge selbst fand ich nur ein einziges wohlerhaltenes Ganglion. Vom zweiten waren nur Spuren vorhanden, doch ließ sich aus dem

Chiasma auf das Vorhandensein desselben schließen; vielleicht ist es beim Abschneiden des Auges abgerissen worden. Ich konnte nicht feststellen, ob die andern Ganglien, wie bei den vorher beschriebenen Arten, vorhanden waren. Jedenfalls befanden sie sich nicht mehr innerhalb des Augenstieles.

Man könnte hier aber auch an eine Rückbildung einzelner Ganglien denken, wie ich es bei andern Formen gefunden habe und in der Folge noch beschreiben werde.

Vom ersten Ganglion aus gehen in gerade verlaufenden, dichten, aber nicht kompakten Strängen einige Nervenbündel nach oben; sie geben in der Richtung gegen die Kristallkegel einzelne Fasern ab, die aber, ohne sie zu erreichen, sich in der Bindegewebsmasse verlieren.

Da eine Ausbildung der Retinulae nicht zustande kommt, fehlt jede Verbindung zwischen Kristallkegeln und Nerven. Die Membrana fenestrata ist vollkommen geschwunden.

Ich möchte bemerken, daß die Träger beider zuletzt behandelten Augenformen aus den Stationen 265 und 194 stammten, denselben Stationen, an welchen auch die beiden *Munida andamanica* gefangen worden waren. Alle diese Tiere waren mit dem Trawl aus diesen beiden Tiefen gefischt worden und zwar *Munida andamanica* (1) zusammen mit *Munidopsis tridentata* aus der Tiefe von 628 m, *Munida andamanica* (2) mit *Elasmonotus cylindrophthalmus* aus 614 m Tiefe.

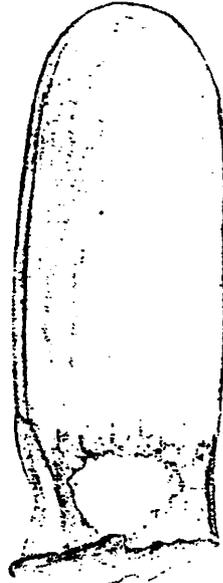
Mit Absicht wählte ich die beiden *Munida andamanica*-Formen aus diesen Stationen, als Beispiel für das Nebeneinanderleben von Tieren, die sich einerseits durch höchstentwickelte Augen auszeichnen, anderseits gänzlich rückgebildete Augen besitzen, wie sie in den größten Tiefen des Ozeans vorkommen. Ich verweise hier auf das in der Einleitung Gesagte.

*Munidopsis subsquamosa* Hend. resp. *pallida* Alc.

Tafel XXII, Fig. 6, Textfig. 8.

Station: 240.

Zeit: 5 a.



Textfig. 7.

*Elasmonotus cylindrophthalmus*.  
Alc. Rechtes Auge von oben.

Fang: Grundnetz Trawl.

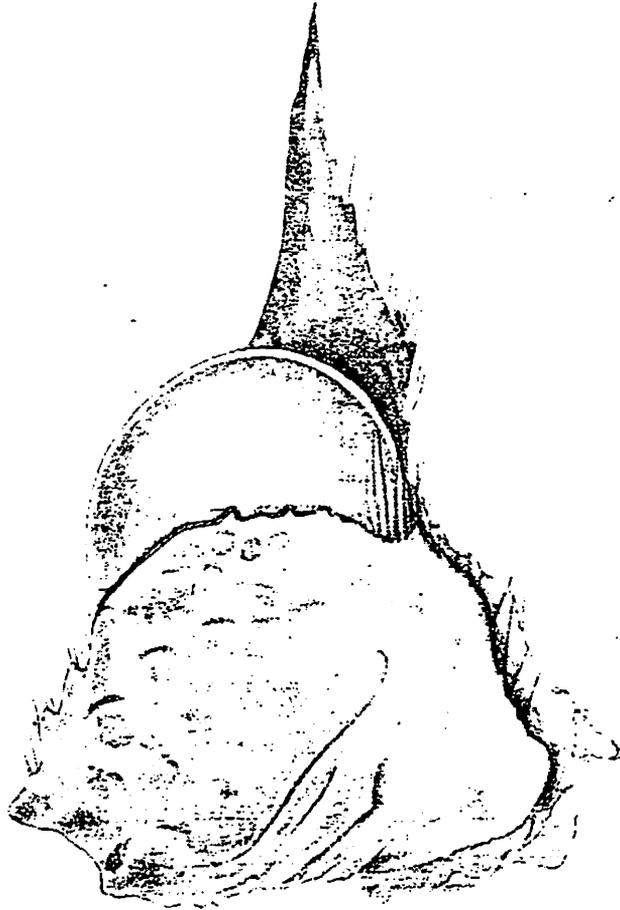
Lotung: 2959 m.

Stromgebiet: Ausläufer der Südäquatorialströmung.

Datum: 14. III.

Gebiet: Seychellengruppe.

*Munidopsis subsgamosa* ist von plumper, gedrängter Körperform, mit verhältnismäßig kurzen Extremitäten, umgeben von einem äußerst

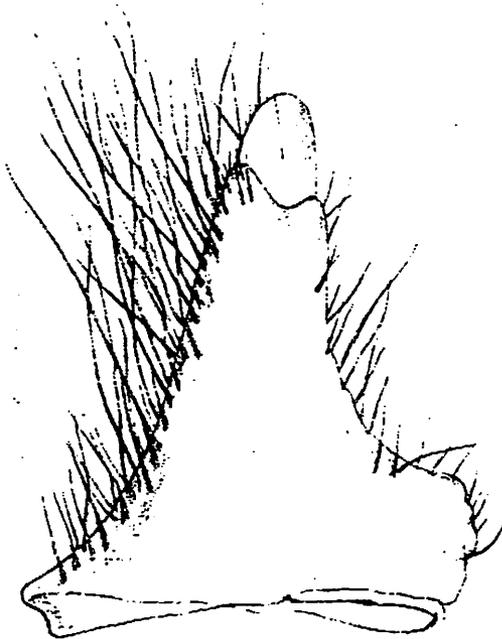


Textfig. 8.

*Munidopsis subsgamosa* Heud resp. *pallida*. Alc. Linkes Auge von der Seite.

festen Panzer. Dementsprechend ist auch der gänzlich unbeweglich gewordene Augenstiel von einer sehr dicken Chitinhülle bedeckt, die auf der medio-dorsalen Seite einen mächtigen Dorn bildet. Dieser

dient, zusammen mit dem Stachel des Rostrums dem Tiere zu allgemeinem Schutz. Unterhalb dieses Dornes liegt eine glänzende Cornea; die obere Partie des Stieles ist imprägniert mit kleinen Disken, die in allen Farben schimmern. Die Kanten sind von feinen, goldglänzenden Härchen bedeckt. Am Querschnitt zeigt der Augenstiel eine beinahe dreieckige Gestalt, die aber in der Gegend der Cornea etwas abgerundet ist, so daß das ganze Gebilde ungefähr die Form einer Pyramide darstellt, deren abgeschnittener Spitze die Cornea und der Dorn aufsitzen.



Textfig. 9.

*Munidopsis subchelata* n. sp. Rechtes Auge von oben.

Auf Schnitten fand ich die Cornea verhältnismäßig dünn, die Reste der Augenkeile aber besser erhalten als bei *Elasmonotus cylindrophthalmus*, insofern als sich hier noch Reste der Retinulae und Verbindungen zwischen optischen und nervösen Teilen feststellen lassen. Sämtliche Kerne liegen ganz unregelmäßig in diesen Elementen zerstreut, so daß eine nähere Bestimmung ihrer Zugehörigkeit vollkommen unmöglich ist.

Die Ganglia optica liegen ungefähr in der Mitte des Stieles. Sie sind stark aneinander gerückt und bilden eine verschmolzene Masse, die aber durch die Gruppe der Ganglienzellenkerne in zwei deutliche Teile

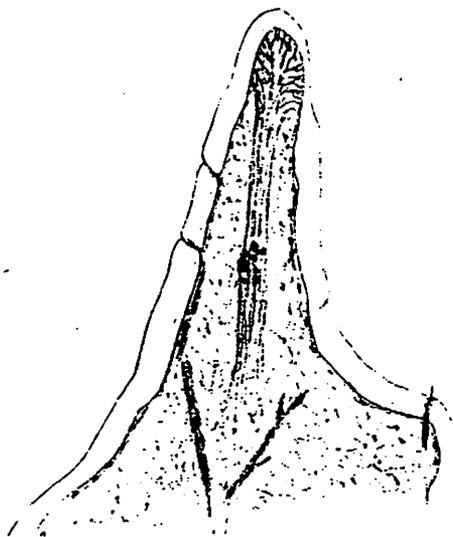
gesondert wird. Sie senden verästelte Nervenstränge zu der Membrana fenestrata und den Retinulae. Den Übergang der Nervenfasern in die Retinulae konnte ich nicht feststellen. Besondere feine, von den Gan-

glia optica unabhängige Nervenstränge, gehen zu den Haaren.

Aus der Anwesenheit der Membrana fenestrata und der Retinulae ist ersichtlich, daß trotz der beträchtlichen Tiefe von 2949 m das Auge nicht die starke Rückbildung erfahren hat, wie wir sie bei *Elasmonotus cylindrophthalmus*, der in viel geringerer Tiefe, aber unter besonderen Bedingungen lebt, gefunden haben.

Eine allgemeine Zusammenfassung über die Gruppe der rückgebildeten Augen möchte ich

erst später bringen, da sich die Formen, die ich im Folgenden zu beschreiben haben werde, zum Teil auch noch dieser Gruppe anschließen.



H.N.

Textfig. 10.

*Munidopsis subchelata* n. sp. Längsschnitt. H.N., zu den Haaren laufender Nerv.

#### Pigmentlose Augen.

#### Umgebildete Augen.

#### Rückbildung des photoreceptorischen Teils.

#### *Munidopsis subchelata* n sp.

Textfig. 9 und 10.

Station: 191.

Zeit: 10 a.

Fang: Grundnetz Trawl.

Lotung: 750 m.

Stromgebiet: Indischer Gegenstrom.

Datum: 31. I.

Gebiet: Im Binnenmeere von West-Sumatra.

Das Auge dieses Tieres hat die Form eines Dornes, der vollkommen unbeweglich und im distalen Teil lateralwärts ausgebuchtet ist. Die Spitze des Dornes ist von der kleinen, weißlichen Cornea bedeckt, die ungefähr  $\frac{1}{15}$  des gesamten Augenstiemes einnimmt. Das ganze Auge ist ähnlich dem von DOFLEIN bei *Cymonomus* beschriebenen.

Auf Querschnitten fand ich die Cornea von mittlerer Dicke, die gegen das Chitin hin zunahm.

Die optischen Elemente des Auges sind zu einer unregelmäßigen Masse mit zerstreuten Kernen aufgelöst.

Den ganzen Augenstiel durchzieht ein dicker Nervenstrang, der sich nach oben ganz dicht bei den Resten der optischen Elemente, auffasert.

Auf halber Strecke des Nervenstranges finden sich noch minutiöse Spuren eines Ganglions, das so stark rückgebildet ist, daß es innerhalb des Nervenstranges liegt und keinerlei Ausbuchtung bildet.

Das Bindegewebe und die Nerven, die zu den Haaren verlaufen, zeigen im Gegensatz zu den *Nervi optici* gute Ausbildung und normale Struktur.

Die Membrana fenestrata fehlt vollkommen.

*Munidopsis hirsutissima* n. sp.

Textfig. 11 und 12.

Station: 190.

Zeit: 4 p.

Fang: Grundnetz Trawl.

Lotung: 1280 m.

Stromgebiet: Indischer Gegenstrom.

Datum: 30. I.

Gebiet: Im Binnenmeer von West-Sumatra.

Das Auge dieses Tieres gleicht in seinem Bau dem vorher beschriebenen; nur ist die Rückbildung noch weiter fortgeschritten, wie die starke Verkleinerung der Cornea, sowie das vollkommene Fehlen der Ganglia optica beweisen. Der Nervenstrang hat eine so starke Veränderung erfahren, daß er fast nicht mehr wahrnehmbar ist.

Das Vorhandensein einer Innervierung der Haare konnte ich aber auch hier feststellen.

Die zwei zuletzt beschriebenen Augen stehen ungefähr auf der Stufe der Rückbildung, die STRAUSS für das Gammaridenauge als *Andaniexisstadium* bezeichnet hat.

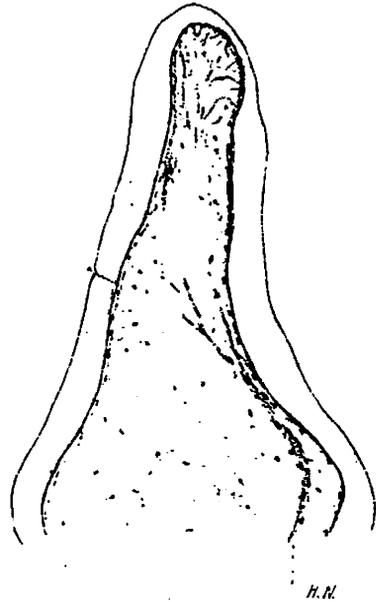
Ich fasse kurz noch einmal die charakteristischen Merkmale der

Gruppe der rückgebildeten Augen, der ich auch die beiden letzten Formen angeschlossen habe, zusammen:

- 1) Schwinden der Fadenfortsätze.
- 2) Vollkommene Pigmentlosigkeit.
- 3) Schwinden der Retinulae.
- 4) Allmähliche Verwischung der optischen Elemente.



Textfig. 11.  
*Menidopsis hirsutissima*. Rechtes Auge von oben.



Textfig. 12.  
*Menidopsis hirsutissima*. Längsschnitt.  
H.N., zu den Haaren laufender Nerv.

- 5) Schwinden der Membrana fenestrata.
- 6) Schwinden der Ganglia optica (die im Laufe der Rückbildung immer mehr die Tendenz zeigen, zu einer einheitlichen Masse zu verschmelzen).

#### Umbildung des Augenstiels.

Die letzte Gruppe habe ich die der umgebildeten Augen genannt, eine Bezeichnung, die eigentlich nicht ganz richtig ist, da die photoreceptorischen Teile des Augenstiels außer ihrer Rückbildung keine

weitere Veränderung zeigen. Allein die Augentiele selbst sind Träger eines andern Sinnes geworden. Ich habe schon mehrmals im Laufe meiner Arbeit auf die Behaarung der Augen, und die, unabhängig von den Ganglia optica, erfolgte Innervierung der Haare hingewiesen. Bei den zwei zuletzt beschriebenen Formen aber finden wir eine so stark auftretende Behaarung der Augen, daß eine kurze Besprechung geboten erscheint. Von einer speziellen Beschreibung aber nehme ich Abstand, da sich diese Haare in keiner Weise von denen unterscheiden, die den ganzen Körper der Tiere bedecken, somit also mit meiner Arbeit in keinem Zusammenhang stehen.

Ich habe drei verschiedene Typen von Haaren gefunden:

- I. kurze, stilettartige, ungefederte,
- II. lange, ungefederte,
- III. gelenkige, doppelt gefiederte.

Es handelt sich nun darum, festzustellen, zu welchem neuen Sinnesorgan der Augentiel umgebildet worden ist, d. h. was für eine physiologische Funktion diese Haare besitzen.

Nur zwei Autoren berichten uns Spezielles über die Behaarung der Augen:

BETHE, der im allgemeinen über die Innervierung der Augentiele spricht, und darauf hinweist, daß mit dem Nervus opticus auch spezifisch andre Nerven in den Augentiel hineindringen.

HERBST, dessen Regenerationsexperimente die Annahme BETHES bestätigen. HERBST vermutet auf Grund seiner Befunde, daß diese Nerven speziell auf chemische Reize reagieren, ähnlich wie es von der vorderen Antenne angenommen wird.

Über die Funktion der Körperhaare der Decapoden im allgemeinen dagegen ist eine große Literatur vorhanden:

LEYDIG und KRAEPELIN haben das Vorhandensein einer Innervierung der Haare festgestellt und ganz richtig vermutet, daß sie Sinnesorgane darstellen.

RETZIUS, VOM RATH, KOTTE beschäftigten sich hauptsächlich mit dem morphologischen Bau der Haare.

NAGEL vermutet nach seiner Theorie der universalen Sinnesorgane, daß diese Haare nicht nur zum Tasten dienen, sondern auch noch andre Sinneseindrücke übermitteln können.

In neuester Zeit spricht DOFLEIN die Vermutung aus, daß die große Mannigfaltigkeit in der Form der Haare den verschiedenen Funktionen der Haare entspreche, daß also eine größere Spezialisierung eingetreten sei.

Nachdem keine sicheren experimentellen oder morphologischen Beweise für die Funktion und weitere Bedeutung des umgebildeten Augenstiels und der Haare vorliegen, muß aber eine weitere Erklärung der Zukunft vorbehalten bleiben.

#### Schluß.

Zum Schluß fasse ich die Ergebnisse meiner Untersuchungen noch einmal kurz zusammen:

Sehr hochentwickelte, angepaßte Augen finden sich in denjenigen Regionen, in welche wenig Licht eindringen kann, also in den dysphotischen Regionen. Je größer die Tiefe, und je geringer damit der Lichteinfall wird, umso höhere Ausbildung erfahren die Augen. In den Regionen aber, in die gar kein Licht mehr eindringt, also den aphotischen, sind die Augen vollkommen rückgebildet.

Spezielle biologische Verhältnisse können aber auch in dysphotischen Regionen eine vollkommene Rückbildung des Auges zur Folge haben. (*Elasmonotus cylindrophthalmus*.)

#### Methoden.

Um die Objekte gut schneiden zu können, mußte zuerst die den Augenstiel umgebende Chitinschicht entkalkt werden, wozu die Pérenysche Flüssigkeit benutzt wurde.

Je nach der Ausbildung des Chitins blieben die Objekte 3—6 Stunden in der Flüssigkeit. Zur Färbung erwies sich am geeignetsten Boraxcarmin als Vorfärbung (2—3 Stunden bei 40° C) und Bleu de Lyon als Nachfärbung. Mit dieser Methode ergaben sich die besten Resultate — das Chitin färbte sich blau — die Kerne rot — die nervösen Elemente lila.

Von besonderer Bedeutung für brauchbare Schnitte war eine zweckmäßige Einbettung. Die Objekte mußten unbedingt etwa 12 bis 15 Stunden in Xylol-Paraffin liegen, und wurden dann nur ganz kurze Zeit in den Thermostaten gebracht.

So behandelte Augen konnte ich mit gutem Erfolg 2  $\mu$  dick schneiden, ohne andre kompliziertere Methoden anwenden zu müssen.

Meinem verehrten Lehrer, Herrn Professor DOFLEIN, spreche ich meinen aufrichtigsten Dank für seine freundliche Anleitung und die vielen fördernden Hinweise aus. Auch Herrn Dr. BALSS, Assistent an der zoologischen Sammlung, bin ich zu großem Danke verpflichtet.

München, im April 1911.

## Literaturverzeichnis.

- A. BETHE. Studien über das Centralnervensystem von *Carcinus maenas* usw. Arch. f. mikr. Anat. Bd. XLIV.
- Das Nervensystem von *Carcinus maenas*. I. Teil. 1. u. 2. Mitteilung. Ebenda. Bd. L.
- Dasselbe II: Teil. 3. Mitteilung. Ebenda. Bd. LI.
- A. BRAUER. Die Tiefseefische. Wiss. Ergebnisse deutsch. Tiefseexped. Bd. XV.
- C. CHUN. Atlantis. Bibliotheca zoologica. Bd. VII. Heft 19.
- F. DOFLEIN. Brachyura. In: Ergebnisse der deutsch. Tiefseexped. Bd. VI. 1904.
- Die Augen der Tiefseekrabben. Biol. Centralbl. Bd. XXIII. 1903.
- S. EXNER. Die Physiologie des facettierten Auges von Krebsen und Insekten. Leipzig und Wien. 1891.
- W. FAXON. Report of the results etc. of the »Blake« 1896. XXXVII. Supplementary Notes on the Crustacea. Bull. Mus. Comp. Zoology. Vol. XXX.
- K. VON FRISCH. Studien über die Pigmentverschiebung im Facettenauge. Biol. Centralbl. Bd. XXVIII. 1908.
- H. GRENACHER. Untersuchungen über das Sehorgan der Arthropoden. Göttingen 1879.
- J. HJORT. The »Michael Sars« North Atlantic Deep-sea Expedition 1910. The Geographical Journal. Bd. XXXVII. No. 4, 5.
- E. KOTHE. Beiträge zur Kenntnis der Hautsinnesorgane usw. Zool. Jahrb. Bd. XVII
- KRAEPELIN. Über die Geruchsorgane der Gliedertiere. Oster-Programm des Realgymnasiums des Johanneums Hamburg.
- F. LEYDIG. Die Hautsinnesorgane der Arthropoden. Zool. Anz. Bd. IX.
- K. MARCUS. Über Geruchsorgane bei decapoden Krebsen aus der Gruppe der Galatheiden. Diese Zeitschrift Bd. XCVII. 1911.
- MILNE-EDWARDS und BOUVIER. Considérations générales sur la famille des Galathéides. Annales des Sciences nat. Zoologie. 7ième Sér. Tome XVI.
- W. NAGEL. Vergleichend-physiologische und anatomische Untersuchungen über Geruchs und Geschmackssinn usw. Bibl. Zool. Vol. VII.
- G. H. PARKER. Compound Eyes in Crustaceans. Bull. Mus. Comp. Zoology. Vol. XXI.
- The Retina and optic Ganglia in Decapods, especially in *Astacus*. Mitteil. Zool. Stat. Neapel. Bd. XII.
- The photomechanical changes in the retical Pigment of *Gammarus*. Bullet. Mus. Comp. Zoology. Cambridge. Vol. XXXV.
- O. VOM RATH. Zur Kenntnis der Hautsinnesorgane der Crustaceen. Zool. Anz. Bd. XIV.
- Über die von CLAUS beschriebenen Nervenendigungen in den Sinneshaaren der Crustaceen. Ebenda. Bd. XV.
- Über Nervenendigungen der Hautsinnesorgane der Arthropoden usw. Ber. d. naturf. Ges. Freiburg i. Br. Bd. IX. Heft 2.
- Zeitschrift f. wissenschaft. Zoologie. XCLX. Bd.

- SIDNEY J. SMITH, The abyssal Decapod Crustacea of the «Albatross» Medyings in the North Atlantic. Ann. Mag. Nat. Hist. Ser. 5. Vol. XVII.
- E. STRAUSS, Das Gammaridenauge. Wiss. Ergebn. Deutsch. Tiefsee-Exp. Bd. XXIX.

---

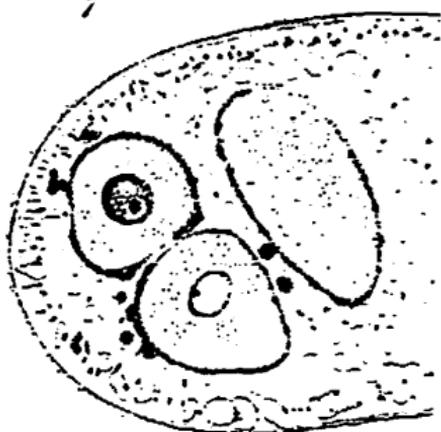
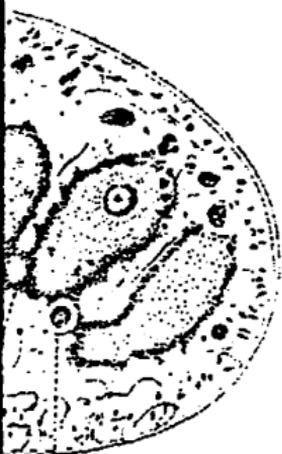
### Erklärung der Abbildungen.

#### Tafel XXII.

- Fig. I. *Munida andamanica* Alc. Längsschnitt kombiniert, rechte stark pigmentierte Seite von altem Tier, linke von jungem Tier.
- Fig. II. *Munida squamosa* Hend. Längsschnitt, links unten Muskelstrang.
- Fig. III. *Munida microphthalma* M-Edw. Längsschnitt.
- Fig. IV. *Munidopsis (Galathodes) tridentata* Esmark. Längsschnitt.
- Fig. V. *Elasmonotus cylindrophthalmus* Alc. Längsschnitt.
- Fig. VI. *Munidopsis subsquamosa* Hend. resp. *pallida* Alc. Längsschnitt.



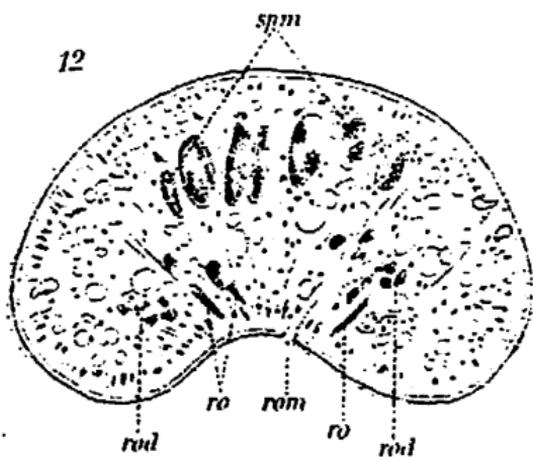
or



z



12



13

