

# Mittheilungen über Copepoden.

1895

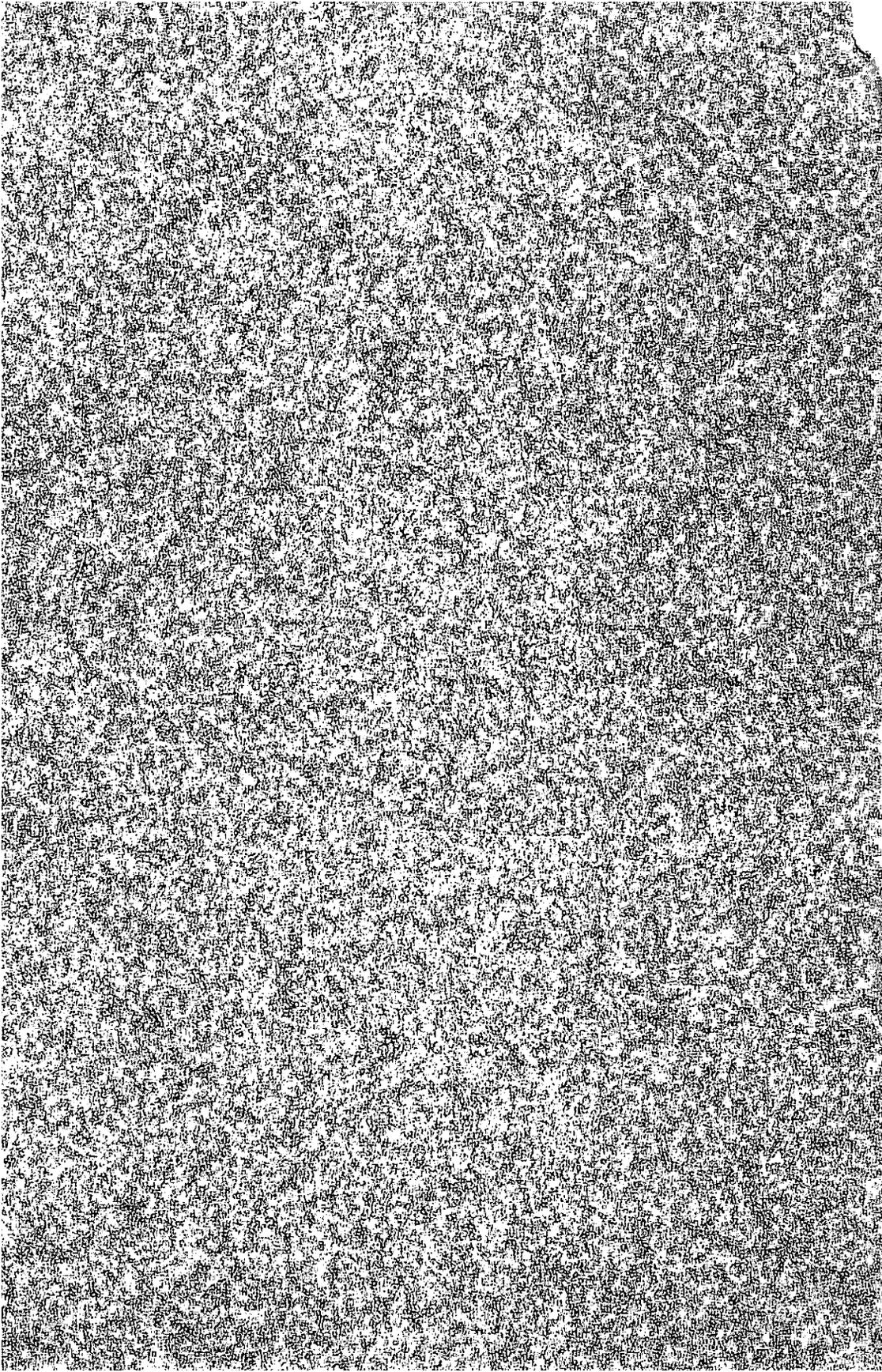
Von

**Dr. W. Giesbrecht.**

7. Zur Morphologie des weiblichen Abdomens.
8. Über das Leuchten der pelagischen Copepoden und das thierische Leuchten im Allgemeinen.
9. Über den Bau des einseitigen Pigmentknopfes von *Pleuromma*.

(Mit 1 Textfigur.)

Abdruck aus den Mittheilungen aus der Zoologischen Station zu Neapel.  
11. Band. 1./2. Heft.



## Mittheilungen über Copepoden. 7—9<sup>1</sup>.

Von

**Dr. W. Giesbrecht**  
in Neapel.

---

Mit 1 Textfigur.

---

### 7. Zur Morphologie des weiblichen Abdomens.

Bekanntlich durchlaufen die Copepoden nach Abschluss der Nauplius-Phase eine Reihe von Entwicklungs-Stadien, deren gemeinsamer Charakter im Gegensatz zu jener Phase darin besteht, dass Rumpf und Gliedmaßen von Anfang an den Habitus besitzen, der ihnen bei dem ausgewachsenen Thiere eigen ist, wenn sie auch erst nach und nach deren Segment- und Gliederzahl gewinnen, und dass sie in regelmäßig wachsender Zahl auch diejenigen Gliedmaßen aufweisen, von denen die Ordnung den Namen hat: die Spaltfüße des Thorax.

Aus diesem Grunde will ich diese Stadien als »Copepodid-Stadien« oder »Copepodide« bezeichnen. CLAUS, der sie zuerst von *Cyclops* kennen lernte, nannte sie Cyclops-artige Jugendstadien oder auch Cyclopsstadien, GROBBEN in seiner Entwicklungsgeschichte von *Cetochilus septentrionalis* Cetochilus-Stadien. Da man aber eines gemeinsamen Namens für sie bedarf, so gebraucht CLAUS neuerdings allgemein den Ausdruck Cyclopid-Stadien, CANU und ich den ähnlichen Cyclopid-Stadien<sup>2</sup>. Indessen weisen auch diese Aus-

---

<sup>1</sup> No. 1—6 vgl. oben pag. 56—106 Taf. 5—7.

<sup>2</sup> Allerdings beschränkt CANU (1892 pag. 23) diesen Ausdruck auf die ersten beiden Stadien, während er die folgenden je nach dem Genus benennen will und die Stadien dieser Phase insgesamt als Stades-copépodes bezeichnet. Für die beiden Abschnitte, in welche bei parasitischen Arten die zweite Ent-

drücke zu speciell auf ein einzelnes Genus hin, während der Name für diese allen Copepoden gemeinsamen Stadien sowohl diese Gemeinschaft ausdrücken, als auch auf dasjenige Merkmal hindeuten sollte, welches diese Stadien (denen das Reife-Stadium sich eng anschließt), von der ersten Phase der larvalen Entwicklung mit am auffälligsten unterscheidet; darum erscheint mir die Bezeichnung »Copepodid-Stadien« als die geeignetste.

Von diesen Copepodid-Stadien nun fand CLAUS schon i. J. 1858 bei *Cyclops* fünf, die er neuerdings genauer beschrieben hat<sup>1</sup>, und kürzlich beobachtete er die gleiche Zahl auch bei *Pontella mediterranea*<sup>2</sup>. Auch ich hatte schon vor 14 Jahren gefunden, dass *Pseudocalanus elongatus* fünf Copepodid-Stadien durchmache, und neuerdings habe ich von *Eucalanus attenuatus*, *Rhincalanus nasutus*, *Temora stylifera*, *Pleuromma abdominale*, *Labidocera brunescens*, *Pontella mediterranea*, *Sapphirina iris (salpae)*, *Idya furcata* diese 5 Stadien theils gesammelt, theils gezüchtet; bei einer Anzahl anderer pelagischer Arten liegt mir die Reihe der Copepodide nicht so lückenlos vor; dass aber auch sie deren 5 durchmachen, unterliegt keinem Zweifel. Ferner unterschied MAUPAS<sup>3</sup> bei zwei Harpacticiden, *Belisarius viguieri* (*Phyllognathopus paludosus* Mrázek) und *Canthocamptus staphylinus*, 6 Nauplius-Stadien [?] und 6 Copepodid-Stadien, das Reifestadium einbegriffen, und CANU'S Mittheilungen über die Metembryogenese der Ascidicolen lassen schließen, dass wenigstens bei einem Theil der Notodelphyiden 5 Copepodid-Stadien auftreten.

Daher dürfen wir wohl mit einiger Sicherheit den Satz aussprechen, dass sämmtliche freilebende Copepoden und die ihnen in Lebensweise und Gliederung des Rumpfes zunächst stehenden Parasiten zwischen der Nauplius-Phase und dem Stadium der Geschlechtsreife fünf Copepodid-Stadien durchmachen; jedenfalls

---

wicklungsphase zerfällt, ist die Aufstellung besonderer Namen berechtigt, und so wären die freischwimmenden Stadien des 1. Abschnittes als Copepodide zu bezeichnen, für die des 2. Abschnittes aber doch wohl Namen von weniger begrenzter Brauchbarkeit zu wählen, als es die von den einzelnen Genera entlehnten sind.

<sup>1</sup> C. CLAUS, Neue Beobachtungen über die Organisation und Entwicklung von *Cyclops*. Ein Beitrag zur Systematik der Cyclopiden. in: Arb. Zool. Inst. Wien, 10. Bd., pag. 283—356, 7 Taf. [cf. pag. 285—292].

<sup>2</sup> C. CLAUS, Über die Entwicklung und das System der Pontelliden. Zugleich ein Beitrag zur Nomenclaturfrage. *ibid.* pag. 233—282 [cf. pag. 252—259].

<sup>3</sup> E. MAUPAS, Sur le *Belisarius viguieri*, nouveau copépoide d'eau douce. in: *Compt. Rend.* Tome 115 pag. 135—137.

ist diese Zahl als Norm auch der Betrachtung von Fällen zu Grunde zu legen, in denen sie nicht erreicht oder etwa überschritten wird.

Zwischen diesen Stadien und hinter dem letzten von ihnen liegt nun je eine Häutung<sup>1</sup>, und ich fand bei den von mir untersuchten, oben genannten Arten die von CLAUS an *Cyclops* und *Pontella mediterranea* gemachte Beobachtung bestätigt, dass bei jeder der fünf Häutungen die Zahl der Rumpfsegmente sich um eines vermehrt, indem das vordere Stück des jedesmal letzten Rumpfsegmentes sich abschnürt. Auch die Untersuchungen CANU'S über die Ontogenese von *Isias*, *Eurytemora* und verschiedener Ascidicolen stimmen hiermit überein, und es lässt sich nunmehr annehmen, dass dieser Modus der Ontogenese der Rumpfsegmente eine für alle freilebenden Copepoden und die ihnen nahestehenden Parasiten gültige Regel ist; ich will sie nach ihrem Entdecker die »CLAUS'sche Segmentirungsregel« nennen.

Da nun das I. Copepodid-Stadium zwischen Kopf und Füßen 5 freie Segmente besitzt (vorausgesetzt, dass nicht bereits das 1. Thoraxsegment, d. h. dasjenige Segment welches das vorderste Schwimmfußpaar trägt, mit dem Kopf verwachsen ist), so ergibt sich, dass der geschlechtsreife Copepod deren zehn haben muss, eine Zahl, die von CLAUS als die Grundzahl bei Copepoden in Anspruch genommen und zu gleichen Theilen auf Thorax und Abdomen vertheilt worden ist. Da ferner im I. Copepodid-Stadium die Grenze zwischen dem breiteren, ellipsoidischen Vorder- und dem schmäleren, mehr cylindrischen Hinterkörper hinter das dritte der 5 freien Segmente fällt, und bei jeder der zunächst folgenden Häutungen das erste Segment des Hinterkörpers zum Vorderkörper gezogen wird, so ergibt sich weiter, dass die Gymnoplea die definitive Abgrenzung ihres Rumpfes in Vorder- und Hinterkörper erst mit dem

---

<sup>1</sup> Dass es nur eine Häutung ist, lässt sich bei Arten, die wie *Cyclops*, *Idya*, *Notodelphys* etc. sich im Glase mit Leichtigkeit entwickeln, direct nachweisen; für die pelagischen Arten gelang mir der directe Nachweis durch Züchtung nur in einzelnen Fällen, da sie eine längere Gefangenschaft nicht zu ertragen scheinen; immerhin sah ich auch pelagische Copepodide einigemal sich durch eine Häutung in das nächste Stadium verwandeln. Da indessen sämtliche gefischte Copepodide einer pelagischen Species sich stets auf die 5 Stadien vertheilen ließen, und alle Copepodide des gleichen Stadiums in der Form, abgesehen von geringen Größenunterschieden, durchaus übereinstimmten, so bliebe nur die Annahme übrig, dass zwischen zwei Stadien Häutungen ohne Formänderung stattfinden könnten, was bei den genannten littoralen Arten sicher nicht, und bei den pelagischen wahrscheinlich nicht der Fall ist.

III. Copepodid-Stadium, die Podoplea aber schon mit dem II. erreichen.

Die Zahl der Rumpfsegmente des Reifestadiums, welche aus der Segmentzahl des I. Copepodids und der CLAUS'schen Segmentirungs-Regel resultirt, d. h. 5 für den Thorax und 5 für das Abdomen, besitzen nun thatsächlich die wenigsten Arten und auch diese fast stets nur im männlichen Geschlecht. Trotzdem gilt auch für die schwimmenden Arten mit geringerer Segmentzahl jene Regel fast durchweg, da, wie sich ontogenetisch nachweisen lässt, die Verminderung der Zahl nur selten Folge von unterbleibender Theilung, gewöhnlich von secundärer Verschmelzung bereits abgeschnürter Segmente ist. In welcher Weise nun nach diesem doppelten Modus die reduzirte Zahl der Abdominalsegmente bei den reifen Weibchen entsteht, soll zunächst für die Gymnoplea im Folgenden untersucht werden.

Diese Untersuchung erwies sich als wünschenswerth, weil (außer der häufiger geäußerten Ansicht, dass das Genitalsegment des viergliedrigen Abdomens zweien Segmenten homolog sei) die nachfolgenden Citate aus CLAUS' Monographie der freilebenden Copepoden (1863) und aus CANU's Copépodes du Boulonnais (1892) und ferner die in meiner Monographie in den Beschreibungen der Species verstreuten Angaben, so weit ich sehe, Alles sind, was über die Homologie der weiblichen Abdominalsegmente bei Copepoden vorliegt<sup>1</sup>, und weil sowohl CLAUS' und CANU's Angaben, als auch meine eigenen zum Theil irrig sind. — CLAUS (1863 pag. 12) sagt: »Die Modificationen in der Gliederzahl des Abdomens sind folgende: Fünf vollständig getrennte Glieder treffen wir bei den Männchen fast aller Gattungen an, z. B. *Cyclops*, *Harpacticus*. Indem der erste Ring, der in beiden Geschlechtern die Ausmündung der Genitaldrüsen enthält, mit dem folgenden verschmilzt, erhalten wir ein viergliedriges Abdomen, z. B. bei den Weibchen der Gattungen *Cyclops*, *Harpacticus* etc. Viergliedrig kann aber auch das Abdomen durch die unterbliebene Sonderung der beiden letzten Segmente werden, z. B. ♂ *Ichthyophorba*; dreigliedrig wird dasselbe durch die Combination der beiden genannten Abweichungen bei zahlreichen Weibchen, z. B. *Ichthyophorba*, *Calanella*, *Hemicalanus*, *Candace*, *Temora*; zweigliedrig in der Gattung *Corycaeus*, und end-

<sup>1</sup> Über CLAUS' Deutung des Abdomens eines Ascomyzontiden-Weibchens siehe unten pag. 646.

lich eingliedrig in derselben Gattung durch die unterbliebene Sonderung aller Abdominalringe«. Was CLAUS hier über die Verschmelzung der beiden ersten Abdominalsegmente zum Genitalsegment des Weibchens sagt, beruhte auf Untersuchung der Ontogenese von *Cyclops* und einiger anderer Arten; alle übrigen Angaben aber sind bloße Vermuthungen, von denen diejenige, dass das dreigliedrige Abdomen aus der Verschmelzung des 1. mit dem 2. Segment und der unterbliebenen Abtrennung des 4. vom 5. entstehe, sich mir auf Grund der Untersuchung der Copepodide nur für einen Theil der Arten als zutreffend erwiesen hat. Ganz irrig ist die Annahme, dass das viergliedrige Abdomen auch aus der unterbleibenden Theilung des Endsegmentes entstehen könne, nicht bloß für das Männchen von *Centropages (Ichthyophorba)*, welches thatsächlich 5 Abdominalsegmente hat (vgl. Mon. pag. 322), sondern überhaupt für alle freilebenden Arten mit 4gliedrigem Abdomen. Eine Deutung des zweigliedrigen Abdomens versucht CLAUS nur für *Corycaeus*, indem er es in der auf die citirten Worte folgenden kleinen Tabelle beim ♀ als Ab 1~2, 3~5, beim ♂ als Ab 1, 2~5 auffasst; dass diese Deutung weder für die beiden Geschlechter von *Corycaeus*, noch etwa für andere von CLAUS in seiner Monographie behandelte Arten mit zweigliedrigem Abdomen (*Pontella mediterranea*, *Pontellina plumata*) richtig ist, wird sich weiter unten ergeben. — CANU (1892 pag. 32, 33) bemerkt, dass die von anderen Autoren angenommene Verschmelzung der beiden ersten Abdominalsegmente zum Genitalsegment des 3- oder 4gliedrigen weiblichen Abdomens sich nicht ontogenetisch nachweisen lasse und schließt daraus, »qu'une condensation embryogénique affecte, dans la plupart des femelles de Copépodes, la formation ontogénétique des segments abdominaux et supprime la séparation des deux premiers somites dans l'embryon, pour éviter leur soudure consécutive au cours de l'évolution«. CANU baut seinen Schluss auf einen unrichtigen Vordersatz: jene Verschmelzung findet thatsächlich bei der letzten oder vorletzten Häutung statt, auch bei *Eurytemora affinis*, deren drei letzte Copepodide beider Geschlechter CANU in einer spätern Arbeit<sup>1</sup> beschreibt. Die cenogenetische Störung, dass sich ein zweien oder mehr Somiten entsprechendes Rumpfsegment auf einmal und ungetheilt vom Endsegment absehnüre, dürfte die CLAUS'sche Regel von der Vermehrung

<sup>1</sup> Etude zoologique de *Temorella affinis*. in: Ann. Station Aquicole Boulogne-sur-Mer. Vol. 1 1892 pag. 13—38 Taf. 1.

der Rumpsegmente bei den *Gymnoplea* niemals erleiden; dass sie bei Copepoden indessen vorkommt, wird weiter unten das Beispiel von *Corycaeus* zeigen. — Der von mir begangene Irrthum in der Deutung des weiblichen Abdomens entsprang aus einer übertriebenen Vorstellung von der Ausnahmelosigkeit der CLAUS'schen Regel, die mich dazu verführte, das Endsegment des reifen Abdomens bei allen Arten für das reine, bei der letzten Häutung abgegliederte Analsegment (Ab 5) zu halten und die an der vollen Zahl fehlenden Segmente jedes Mal dem Genitalsegmente zuzuweisen, welches ja auch fast stets zu seiner definitiven Gestaltung mindestens noch des folgenden Segmentes bedarf.

Während den reifen Weibchen einiger *Ascidicolae* und *Harpacticidae*, ferner von *Sapphirina* und nach CANU auch von *Modiolicola* die volle Zahl der 5 Abdominalsegmente zugesprochen werden kann, da bei ihnen die Verschmelzung der beiden ersten Segmente unterbleibt oder unvollständig ist, so kommt bei den *Gymnoplea*-Arten diese Zahl ausschließlich den Männchen zu (und zwar allen), während die Weibchen höchstens 4 Abdominalsegmente haben, und diese Zahl sogar bis auf 1 sinken kann.

Vier Abdominalsegmente haben: *Calanus*, *Eucalanus elongatus*, *Paracalanus*, *Acrocalanus*, die *Clausocalaninae*, die *Aëtidinae*, *Euchaeta*, die *Scolecithrichinae*, die *Leuckartiinae*, *Heterochaeta*, *Hemicalanus*, *Phyllopus*, *Pseudocyclops*, und unter den Süßwasserarten *Osphranticum*, *Poppella*, *Schmackeria*, *Weismannella*.

Drei Segmente haben: *Eucalanus attenuatus*, *crassus* etc., *Rhincalanus*, *Mecynocera*, *Calocalanus plumulosus*, *Centropages*, die *Temorinae*, *Augaptilus*, *Candace*, *Calanopia*?, *Labidocera brunescens*, *wollastoni* etc., *Pontella atlantica*, *lobiancoi*, *princeps*, *Anomalocera*, *Parapontella*, *Acartia*, *Corynura forcipata*, *denticulata*, und unter den Süßwasserarten *Diaptomus*, *Hetercope*, *Limnocalanus*, *Eurytemora*, *Epischura*.

Zwei Segmente haben: *Calocalanus pavo*, *Labidocera nerii* etc., *Pontella mediterranea* etc., *Monops regalis* etc., *Pontellina*, *Corynura recticauda*, und unter den Süßwasserarten *Böckella*, *Broteas*?, und der zweifelhafte *Centropages brevicaudatus*.

Ein Segment haben *Monops villosus*, *brevis*.

In der Tabelle auf pag. 638 stelle ich eine Anzahl von diesen Arten, deren letzte Copepodid-Stadien ich untersuchen konnte, zusammen, indem ich sie unter Vorwegnahme später zu begründen-

der Ergebnisse nach Zahl und morphologischer Bedeutung ihrer Abdominalsegmente in diesen Stadien und im Reife-Stadium zu Gruppen ordne. Die beistehenden Zahlen bedeuten die Längen der Segmente in 0,01 mm; dieselben wurden, wo irgend möglich, durch Messung mehrerer Exemplare gewonnen, so dass sie nicht bloß den Vergleich der Segmentlängen in demselben Stadium, sondern auch ein Urtheil über die Zunahme der Segmentlängen bei den einzelnen Häutungen erlauben. In der Tabelle fehlen die Arten mit eingliedrigem Abdomen, weil ich von *Monops villosus* leider nur ein Exemplar des IV. Copepodidstadiums besitze, dessen Abdomen übrigens mit dem der anderen Arten in der Gliederung übereinstimmt.

Als Ausgangspunkt der Untersuchung eignet sich die Gruppe A, da die Segmentirung des weiblichen Abdomens der letzten Entwicklungsstadien in ihr am einfachsten ist. Dass hier das 1. Segment des reifen weiblichen Abdomens den ersten beiden des männlichen entspricht und also nach der Formel Ab 1~2, 3, 4, 5 segmentirt ist, ist seit CLAUS nie bezweifelt worden und lässt sich auch ohne Beihilfe der Ontogenese aus der Thatsache schließen, dass die Verschmelzung von Ab 1 und 2, bei den *Gymnoplea* zwar immer vollständig, bei anderen Copepoden mancherlei Abstufungen zeigt. Ontogenetisch bestätigt wird dieser Schluss dadurch, dass im V. Copepodid-Stadium die beiden ersten Segmente relativ kurz sind und weder von einander noch vom dritten Segment an Länge beträchtlich abweichen, während das 1. Segment des reifen Abdomens viel länger als das folgende (bis über 3mal) ist und seine Längenzunahme bei der letzten Häutung, bei der es obendrein auch an Dicke zuzunehmen pflegt, außer allem Verhältnis zur Längenzunahme der übrigen Segmente stehen würde, wenn man es etwa bloß aus dem 1. Segment des V. Stadiums entstanden denken wollte. Einen weiteren Beleg für die angeführte Segmentformel des reifen weiblichen Abdomens finde ich darin, dass die Verschmelzung von Ab 1 und 2, die in der Gruppe A während der letzten Häutung plötzlich vollzogen wird, bei einer Art der Gruppe B, bei *Möbianus gyrans*, sich auf 2 Häutungen vertheilt: die beiden Segmente gehen im V. Stadium an der Ventralfläche zwar schon mit glattem Integument in einander über, sind an der Dorsalfläche aber noch durch eine Falte von einander getrennt. Bei der andern Species der Gruppe B endlich, bei *Eucalanus elongatus*, vereinigen sich die beiden Segmente beim Übergange aus dem IV. ins V. Stadium schon so vollständig, wie sie es in der Gruppe A erst bei der nächsten Häutung thun.

Längen der Segmente des weiblichen Abdomens in den beiden letzten  
(IV. und V.) Copepodid- und im Reife-Stadium.

Maßeinheit 0,01 mm.

A	Ab	IV. Copd.-St.			V. Copd.-St.				Reife-St.				
		1	2	3~5	1	2	3	4~5	1~2	3	4	5	
<i>Calanus vulgaris</i> . . . . .					10	8	9	11	22	12	10	6	
- <i>gracilis</i> . . . . .		9	11	15	10	13	10	13	25	17	13	10	
<i>Paracalanus parvus</i> . . . . .		2	2	6	2	2,5	3	6	6	3,5	3	6	
<i>Pseudocalanus elongatus</i> . . . . .		6	6	9	7	8	6	9	19	9	9	6	
<i>Drepanopus forcipatus</i> . . . . .		5	9	11	5	12	9	11	17	9	6	5	
<i>Euchirella rostrata</i> . . . . .		9	8	11	10	8	7	11	22	9	8	7	
- <i>messinensis</i> . . . . .		16	12	18	20	15	12	13	50	15	10	9	
<i>Euchaeta marina</i> . . . . .		13	12	20	17	15	15	16	40	24	20	7	
<i>Scolecithrix danai</i> . . . . .					5	6	5	6	12	6	6	4	
<i>Phaëna spinifera</i> . . . . .		6	5	6	8	6	5	7	15	10	8	3	
<i>Leuckartia flavicornis</i> . . . . .		5	5	7	5	7	6	7	15	9	9	5	
<i>Heterochaeta papilligera</i> . . . . .					9	10	9	7	25	12	10	7	
B	Ab	1	2	3~5	1~2	3	4~5	1~2	3	4	5		
<i>Möbianus gyrans</i> . . . . .		4	4	5,2	10	4,4	5,2	12	5,5	4	2		
<i>Eucalanus elongatus</i> <sup>1</sup> . . . . .		10	8	19	25	8	22	32	10	7	20		
C	Ab	1	2	3~5	1	2	3	4~5	1~2	3~4	5		
<i>Pleuromma abdominale</i> . . . . .		10	11	15	11	12	12	20	38	22	16		
- <i>gracile</i> . . . . .		6	7	11	8	10	8	12	28	13	10		
<i>Metridia boeckii</i> . . . . .					10	11	12	20	40	25	18		
D	Ab	1	2	3~5	1	2	3	4~5	1~2	3	4~5		
<i>Rhincalanus nasutus</i> <sup>1</sup> . . . . .		10	6	25	12	6	6	25	24	7	30		
E	Ab	1	2	3~5	1~2	3	4~5	1~2	3	4~5			
<i>Eucalanus attenuatus</i> <sup>1</sup> . . . . .		8	6	15	16	5	15	25	7	20			
<i>Mecynocera clausii</i> . . . . .					7	2	5	7	3	6			
<i>Centropages typicus</i> . . . . .					11	8	5	16	17	6			
<i>Temora stylifera</i> . . . . .		4	3	5	9	5	5	11	7	9			
<i>Isias clavipes</i> . . . . .		4	5	8	11	6	6	14	9	9			
<i>Candace longimana</i> . . . . .					24	15	7	45	30	12			
- <i>pectinata</i> . . . . .					17	11	6	22	16	8			
- <i>bispinosa</i> . . . . .		6	7	8	16	9	5,5	20	14	6			
<i>Labidocera brunescens</i> . . . . .		5	4,5	8	14	7	4	20	12	7			
<i>Pontella atlantica</i> . . . . .		18	11	26	40	25	18	50	43	23			
- <i>lobiancoi</i> . . . . .					25	15	8	38	30	10			
<i>Anomalocera patersonii</i> . . . . .		8	7	17	25	13	14	40	25	20			
F	Ab	1	2	3~5	1~2	3	4~5	1~3	4	5			
<i>Augaptilus longicaudatus</i> . . . . .		7	7	17	22	9	20	40	14	16			
G	Ab	1	2	3~5	1~2	3	4~5	1~3	4~5				
<i>Pontella mediterranea</i> . . . . .		6	5	11	15	8	10	27	15				
<i>Monops regalis</i> . . . . .					23	9	14	55	16				
<i>Pontellina plumata</i> . . . . .		6	3	9	11	6	7	22	10				
<i>Corymura recticauda</i> . . . . .					13	7	8	22	8				

<sup>1</sup> Bei den Species von *Eucalanus* und *Rhincalanus* umfasst die Zahl für das Endsegment in allen 3 Stadien auch die von demselben nicht abgegliederte Furca.

Da das Abdomen sämtlicher Arten im IV. Copepodid-Stadium 3 Segmente hat, und die beiden vorderen in der Gruppe A und B entweder als Ab 1, 2 oder Ab 1~2 ins V. Stadium übergehen, so müssen die beiden hintern Segmente des V. Stadiums aus dem dritten des IV. entstehen, und zwar nach der CLAUS'schen Segmentirungs-Regel derart, dass Ab 3 sich davon abspaltet, und das hinterste Segment des V. Stadiums also = Ab 4~5 ist; die Segmentformel des Abdomens im V. Stadium ist mithin für die Gruppe A: Ab 1, 2, 3, 4~5, für die Gruppe B: Ab 1~2, 3, 4~5.

Während bei den Arten mit viergliedrigem reifem Abdomen die Verschmelzung von Ab 1 und 2 gewöhnlich erst bei der letzten Häutung stattfindet, ausnahmsweise (B) aber in die vorletzte vorge-schoben werden kann, so geht umgekehrt bei den Arten, deren reifes Abdomen aus drei oder weniger Segmenten besteht (C—G), diese Verschmelzung gewöhnlich schon bei der vorletzten Häutung vor sich; aber auch hier giebt es wiederum Ausnahmen, da die Arten der Gruppen C und D, ebenso wie die von A, die Segmente Ab 1 und 2 erst bei der letzten Häutung verschmelzen. Dass nun auch bei den Arten C—G diese beiden Segmente bei der letzten oder vorletzten Häutung wirklich verschmelzen, dafür sind die nämlichen Gründe anzuführen, aus denen diese Verschmelzung bei den Arten A und B gefolgert wurde<sup>1</sup>, so dass man für das Abdomen des V. Copepodid - Stadiums der *Gymnoplea* allgemein die Formel Ab 1, 2, 3, 4~5, wenn es viergliedrig, und Ab 1~2, 3, 4~5, wenn es dreigliedrig ist, aufstellen kann.

Es ist nun zu untersuchen, wie bei den Arten C—G die drei oder weniger Segmente des reifen Abdomens aus den 4 oder 3 Segmenten des V. Stadiums hervorgehen. Hierbei erweist sich die bisher ausreichende und fast ausschließlich angewandte Methode der Vergleichung der Segmentlängen in den verschiedenen Stadien nicht in allen Fällen als zulänglich. Aber es lassen sich aus den Fällen, wo die Homologie der Segmente jetzt als gesichert erscheint, noch weitere Kriterien für das Eintreten oder Ausbleiben von Segmenttheilungen gewinnen, indem man die Grenzen des Wachsthum

<sup>1</sup> Bei *Rhincalanus nasutus* ist diese Verschmelzung besonders deutlich daran zu erkennen, dass die beiden dorsalen Stacheln, die im IV. und V. Stadium hart am Hinterrande des 1. Segmentes sitzen, nach der letzten Häutung mitten auf das 1. Segment gerückt sind, etwa so weit vom Hinterrande desselben entfernt, wie die Länge des 2. Segmentes im V. Stadium beträgt.

der einzelnen Segmente bei den Häutungen feststellt und das Verhalten ihrer Muskulatur zu Rathe zieht<sup>1</sup>.

Wir sehen zunächst aus der obigen Tabelle (pag. 638), dass ein Segment, welches ohne sich zu theilen, noch sich mit einem anderen zu vereinigen, in das homologe Segment des folgenden Stadiums übergeht, dabei an Länge meistens zunimmt, bis auf das Doppelte wachsen kann, und nur selten seine frühere Länge beibehält, so dass die Grenzen seines Wachstums zwischen 1 und 2 liegen. Wenn zwei Segmente verschmelzen, so ist die untere Wachsthumsgrenze ebenfalls = 1 (d. h. das aus zweien verschmolzene Segment ist bisweilen nur eben so lang wie diese Segmente zusammen), wogegen die obere Grenze nicht erreicht zu werden scheint, sondern nur etwa =  $1\frac{1}{2}$  ist. Ein durchschnittlich stärkeres Wachstum zeigt ein Segment, welches sich theilt; nur in einem Falle ist das Segment etwa so lang wie seine beiden Theilstücke; selten sind diese weniger als  $1\frac{1}{2}$ , meistens  $1\frac{1}{2}$  bis über 2 mal so lang wie jenes. Es geht daraus hervor, dass ein Segment bei einer Häutung sich niemals verkürzt, und dass es sich bis aufs Doppelte und etwas darüber verlängern kann.

Ferner fiel mir bei einer Anzahl von Arten auf, dass die dorsalen Muskelbänder, welche am Endsegmente inseriren, sich zu diesem im V. Copepodid- anders als im Reife-Stadium verhalten; da es nun bei der Deutung der Segmentirung des Abdomens der Arten C—G vornehmlich darauf ankommt, ob das Endsegment des V. Stadiums sich theilt oder nicht, so versuchte ich diesen Dorsalmuskel für die Entscheidung dieser Frage zu verwerthen.

<sup>1</sup> Da in den nicht gerade häufigen Fällen, wo das weibliche Abdomen der *Gymnoplea* Anhänge in Form von Borsten, Stacheln, Zacken etc. besitzt, dieselben fast stets erst im Reifestadium und fast nur am Genitalsegment hervortreten, so entbehrt man hier eines Kriteriums für die Theilung und Verschmelzung von Segmenten, welches bei der Untersuchung, wie die Gliedmaßen sich gliedern, fast immer einen sichern Anhalt abgibt. Es scheint nun bei dem Mangel dieses Kriteriums vielleicht am einfachsten und sichersten, Theilung und Verschmelzung der Abdominalsegmente dadurch zu constatiren, dass man die Lage beobachtet, welche die Segmente des jedesmal folgenden Stadiums in der alten, abzuwerfenden Cuticula einnehmen. Indessen gelingt diese Beobachtung nur an Thieren, die kurz vor der Häutung stehen, und ist also sehr vom Zufall abhängig; nur ausnahmsweise glückte es mir, an dem in der alten Hülle steckenden Thiere eine Verstreichung vorher vorhandener Segmentgrenzen oder eine Einschnürung, welche die Bildung einer neuen Segmentirung vorbereitete, wahrzunehmen, und so konnte ich diese Wahrnehmung nur in wenigen Fällen zur Controlle der aus sonstigen Kriterien gezogenen Schlüsse verwerthen.

Bei manchen Arten nämlich, bei denen die dorsalen Muskelbänder im V. Stadium nicht weit vor der Mitte des Endsegmentes oder selbst etwas dahinter inseriren, findet sich ihre Insertionsstelle im reifen Abdomen dicht an den Vorderrand des Endsegmentes gerückt; so ist es unter den Arten der Gruppen A und B bei *Euchaeta*, *Leuckartia flavicornis*, *Heterochaeta papilligera*, *Eucalanus elongatus*. Die Erklärung liegt nahe: das Endsegment des V. Stadiums hat sich dicht vor der Insertion des Muskels in die beiden hintersten Segmente des reifen Abdomens getheilt. Wo sich nun bei den übrigen Arten der Muskel ähnlich verhält, werden wir ebenfalls auf eine Theilung des Endsegmentes bei der letzten Häutung schließen können. — Bei anderen Arten der Gruppen A und B aber, bei *Calanus*, *Drepanopus* etc., liegt die Insertionsstelle des Dorsalmuskels nicht bloß im V. Copepodid-Stadium, sondern auch in der Reife mehr oder minder weit hinter dem Vorderrande des Endsegmentes. Da wir indessen wissen, dass das Endsegment sich bei diesen Arten thatsächlich theilt, so lässt sich die Lage des Muskels in beiden Stadien durch die Annahme erklären, dass das Endsegment sich hier eine Strecke weit vor der Insertion des Muskels theilt, und dass das zwischen der Insertion und dem Vorderrande liegende Stück des Segmentes bei der Häutung an Länge zugenommen hat. Ein derartiges Verhalten des Muskels ist aber auch sehr wohl denkbar, wenn das Endsegment ungetheilt bleibt, und lässt also einen Schluss auf die Theilung des Segmentes bei den übrigen Arten nicht zu. — Eine dritte Art des Verhaltens, welche der Dorsalmuskel bei den Arten A und B nicht zeigt und auch nicht zeigen kann, besteht darin, dass er sowohl im V. Stadium wie auch in der Reife am Vorderrande des Endsegmentes inserirt; da in diesem Falle vor der Insertionsstelle des Muskels für die Theilung des Segmentes kein Platz ist und eine Theilung hinter derselben dem Muskel unmöglich machen würde, auch im Reifestadium noch am Endsegment zu inseriren, so führt diese dritte Art des Verhaltens zu dem Schluss, dass das Endsegment sich bei der letzten Häutung nicht theilt, sondern als Ab 4~5 ins Reifestadium übergeht; dass sie bei den Arten A und B nicht vorkommt, bestätigt die Richtigkeit dieses Schlusses.

Unter den oben angeführten Arten, deren reife Weibchen ein dreigliedriges Abdomen haben (C—F), ist es nur *Augaptilus longicaudatus*, bei welchem die erste Art des Verhaltens des Dorsalmuskels, welche auf eine Theilung des Endsegmentes bei der letzten

Häutung schließen lässt, scharf ausgeprägt ist, nicht minder scharf, als etwa bei *Heterochaeta*: die Insertionsstelle des Muskels liegt im V. Stadium nicht weit vor der Mitte des Endsegmentes, im Reifestadium hart am Vorderrande des davon abgespaltenen Analsegmentes.

Dagegen zeigt der Muskel bei *Eucalanus attenuatus* die dritte Art des Verhaltens, und ähnlich ist es auch bei *Rhincalanus*, *Mecynocera*, *Temora*, *Labidocera*, *Pontella*, *Anomalocera*, nur dass bei den meisten dieser Arten sich jederseits ein Bündel des Muskels über den vorderen Segmentrand hinwegscheidet, während seine Hauptmasse in beiden Stadien am Vorderrand inserirt. Bei allen diesen Arten geht somit das Endsegment des V. Copepodid-Stadiums ungetheilt ins Reifestadium über, und das weibliche Abdomen hat bei ihnen daher die Formel  $Ab\ 1\sim 2, 3, 4\sim 5^1$ .

Die zweite Art des Verhaltens, aus welcher ein Schluss auf die Theilung des Endsegmentes sich nicht ergibt, weist der Muskel bei den übrigen Arten der Gruppen C und E auf. Schon bei *Centropages typicus* inserirt seine Hauptmasse im V. Stadium eine Strecke hinter dem vorderen Segmentrande, noch weiter nach hinten rückt sie bei *Candace* und *Isias*, und am weitesten bei *Metridia boeckii* und *Pleuromma*. Auch im reifen Abdomen dieser Arten nähert sich die Insertionsstelle des Muskels mehr oder weniger dem hintern Segmentrande, so dass hier der größere Theil der Dorsalfäche des Segmentes mit Muskelbändern belegt ist, während sie bei *Eucalanus* etc. größtentheils, und bei *Augaptilus*, *Heterochaeta* etc. natürlich ganz davon entblößt ist.

Für die Frage nun, ob sich bei den Arten von *Centropages* etc. das Endsegment bei der letzten Häutung theilt, lässt sich das oben angeführte, durch Vergleichung der Segmentlängen in den verschiedenen Stadien gewonnene Ergebnis verwenden, dass kein Segment sich bei einer Häutung verkürzt. Daraus folgt, dass bei *Pleuromma* und *Metridia* das Endsegment des Reife-Stadiums nicht aus dem ganzen Endsegment des V. Stadiums hervorgegangen sein kann,

<sup>1</sup> Wenn der Schluss von dieser Art des Verhaltens des Muskels auf die unterbleibende Theilung des Endsegmentes richtig sein soll, so kann der Muskel bei den ♂ dieser Arten im V. Stadium ebenso wenig am Vorderrande des Endsegmentes inseriren wie bei irgend einer Art der Gruppen A und B. Und tatsächlich liegt seine Insertion bei dem V. männlichen Copepodid überall beträchtlich hinter dem vorderen Segmentrand, so dass das vor ihr liegende Stück sich als Ab 4 abgliedern und der Muskel auch in der Reife am Analsegment inseriren kann.

denn es ist kürzer als dieses, sondern nur aus seinem hinteren, bei der letzten Häutung abgespaltenen Abschnitt, wie denn auch bei allen Arten, bei denen sich bisher eine Theilung des Endsegmentes nachweisen ließ (Gruppe A und B, ferner *Augaptilus longicaudatus*), das Endsegment des reifen Abdomens höchstens eben so lang, meistens kürzer als das Endsegment des V. Stadiums ist. Nicht so zwingend ist der Schluss, dass bei *Centropages*, *Isias* und *Candace*, wo das Endsegment des reifen Stadiums länger als das des V. Stadiums ist, das letztere in das erstere ungetheilt übergeht; denn den relativen Segmentlängen widerspricht die Annahme nicht, dass bei der letzten Häutung sich vom Endsegment ein kurzes Stück abschneure und mit Ab 3 verschmelze. Da indessen bei denjenigen Arten der Gruppen D und E, bei denen das Verhalten des Dorsalmuskels eine Theilung des Endsegmentes ausschließt, das Endsegment des reifen Abdomens länger ist als das des V. Stadiums, so habe ich auch für *Centropages*, *Isias* und *Candace* angenommen, dass die Theilung des Endsegmentes unterbleibt.

Während für diejenigen Arten mit dreigliedrigem reifem Abdomen, bei denen das letzte Segment in der letzten Häutung sich nicht theilt (D, E), die Formel Ab 1~2, 3, 4~5 die einzig mögliche ist, so kann das Abdomen der Arten, bei denen es sich theilt (C, F), zwei verschiedene Formeln haben, entweder Ab 1~2, 3~4, 5 oder 1~3, 4, 5. Diese Alternative lässt sich nun durch Vergleichung der Segmentlängen bei keiner der 4 Arten, um die es sich handelt (C, F), entscheiden, da bei Anwendung beider Formeln die Längenzunahme der Segmente in den oben gefundenen Grenzen bleibt. Allerdings würde die Formel Ab 1~3, 4, 5 bei *Pleuromma* und *Metridia* für die ersten drei Segmente ein unverhältnismäßig geringes Wachstum voraussetzen; zudem würde man annehmen müssen, dass hier bei der letzten Häutung drei Segmente auf einmal mit einander verschmelzen, was an dem Abdomen der *Gymnoplea* bisher nicht beobachtet ist (wie wir denn auch sehen, dass bei denjenigen Arten, wo das erste Segment des reifen Abdomens aus dreien hervorgegangen ist (G), die beiden ersten davon stets schon bei der vorletzten Häutung verschmelzen). — Diese beiden Gründe, aus welchen für *Pleuromma* und *Metridia* die Formel 1~2, 3~4, 5 die wahrscheinlichere ist, gelten nun für *Augaptilus longicaudatus* nicht. Im Gegentheil weist der Umstand, dass das vordere Segment, im V. Stadium regelmäßig ellipsoidisch, in der Reife einen dünneren hinteren Abschnitt hat, darauf hin, dass dieser durch den Hinzutritt von Ab 3

DAHL<sup>1</sup> fand bei den *Corycaeus*-Arten, auch bei denen mit zweigliedrigem reifem Abdomen, das Abdomen der »Jugendformen« eingliedrig. Ich kann diese Beobachtung bestätigen, wenigstens für das IV. und V. Copepodid-Stadium, und habe Thiere des letzteren Stadiums gesehen, bei denen in der alten nichtsegmentirten Cuticula die Segmentation des reifen Abdomens unverkennbar vorbereitet war. Danach ist es wahrscheinlich, dass auch die jüngeren Copepodide von *Corycaeus*, die ich noch nicht auffinden konnte, ein unsegmentirtes Abdomen besitzen, dass also das Abdomen in dem Zustande der Segmentation, den es im II. Copepodid-Stadium besitzt, verharrt, bei den Arten mit zweigliedrigem reifem Abdomen bis ins V. Stadium, bei denen mit eingliedrigem bis ins Reife-Stadium. Das zweigliedrige reife Abdomen erhält seine Segmentation bei *Corycaeus* also erst bei der letzten Häutung, und darin liegt ein Grund zu der Annahme, dass diese Segmentation an der nämlichen Stelle eintritt, wo sie bei allen Copepoden, bei denen bei der letzten Häutung sich überhaupt noch ein Abdomen-Segment theilt, stattfindet, nämlich zwischen Ab 4 und 5. Danach wäre, im Widerspruch zu der pag. 635 citirten Meinung von CLAUS, dem Abdomen von *Corycaeus* in beiden Geschlechtern die Formel Ab 1~4, 5 zuzusprechen. Die Ontogenese des Abdomens und der morphologische Werth seiner Segmente ist demnach bei *Corycaeus* anders als bei den oben behandelten *Gymnoplea*-Weibchen mit 2- oder 1gliedrigem Abdomen. Auch schon darin besteht ein Unterschied zwischen dem reifen Abdomen von *Corycaeus* und jener *Gymnoplea*-Arten, dass es bei den letzteren im männlichen Geschlecht stets fünfgliedrig ist, während es bei den *Corycaeus*-Männchen eine ebenso reduzirte Segmentzahl wie bei den Weibchen oder höchstens ein Segment mehr hat. Diese beiden Unterschiede stehen vielleicht in Zusammenhang. Denn es erscheint als eine Art

rückgebildete Ascidicolae (CANU). Ein zweigliedriges Abdomen besitzen *Thaumaleus*, *Corina* und viele *Corycaeus*-Arten, und endlich ein eingliedriges die übrigen Arten von *Corycaeus*.

Über die Ontogenese des Abdomens von drei oder weniger Segmenten liegen für diese Arten, so weit ich sehe, nur zwei Beobachtungen von CLAUS und DAHL vor. CLAUS (1892 $\beta$ , pag. 354) sah das Abdomen des Ascomyzontiden *Echinocheres* im letzten Copepodid-Stadium nach der Formel Ab 1, 2, 3 4~5 segmentirt und bemerkt, dass Ab 1 und 2 des ♀ bei der letzten Häutung verschmelzen, während Ab 4~5 in beiden Geschlechtern ungetheilt bleibt; das Abdomen des ♀ würde hier also im V. Copepodid- und im Reife-Stadium eben so segmentirt sein, wie bei *Rhincalanus nasutus*. — Ähnlich verhält sich *Copilia*, deren Copepodide<sup>1</sup> ich von allen drei Neapeler Arten im V. Stadium, von *denticulata* auch im IV., untersuchen konnte. In letzterem ist das Abdomen normal segmentirt, d. h. wie bei den *Gymnoplea*, *Cyclops*, *Sapphirina* etc. nach der Formel Ab 1, 2, 3~5; doch zeigt sich in einer leichten Einschnürung des Endsegmentes die Abspaltung von Ab 3 bereits angedeutet, die sich dann bei der Häutung zum V. Stadium vollzieht. In diesem ist das weibliche Abdomen ebenfalls wie bei *Rhincalanus* segmentirt; der Dorsalmuskel inserirt dicht am Vorderrande des Endsegmentes in diesem wie im Reife-Stadium, so dass das Abdomen des reifen Weibchens nach der Formel Ab 1~2, 3, 4~5 segmentirt ist, wie man schon nach der Kürze des mittleren und der Länge des hintersten Segmentes vermuthen konnte.

<sup>1</sup> Die Geschlechter von *Copilia*, in der Reife so außerordentlich dimorph, stimmen im V. Copepodid-Stadium äußerlich noch ganz überein, nur dass die ♂ größer sind; man unterscheidet sie indessen leicht an der Form der Genitalorgane, und auf die Verbreiterung der Abdominalsegmente bei den reifen Männchen weisen die Zellwülste hin, die man beiderseits in jedem Segment des V. Stadium vorfindet. Da ich aus der Insertion des Dorsalmuskels am Endsegment des weiblichen V. Copepodiden schloss, dass das Segment ungetheilt ins Reifestadium übergeht, während es beim ♂ sich spaltet, so möchte man erwarten, dass der Muskel beim männlichen V. Copepodiden, eben so wie ich es (s. oben pag. 642 Anm.) bei einigen *Gymnoplea*-Männchen beobachtete, nicht am Vorderrande des Endsegmentes, sondern weiter hinten inserire. Das ist jedoch nicht der Fall; er inserirt vielmehr beim ♂ wie beim ♀ des V. Stadiums dicht am Vorderrande. Auch die hieraus sich ergebende Erwartung, dass der Muskel beim reifen Männchen demgemäß am Vorderrande des vorletzten Segmentes inseriren werde, täuscht; denn das reife ♂ hat diesen Muskel überhaupt nicht mehr: fast die ganze Abdominalmuskulatur ist geschwunden; ein dorsales und ein ventrales Muskelband jederseits im ersten Abdominalsegment ist Alles, was davon übrig ist.

scheinlichkeit von Beider Angaben erregt schon von vornherein Zweifel daran, ob *Sapphirina* überhaupt leuchte; denn leuchtende Genitalorgane besitzt kein anderes Leuchtthier, und ein einzelnes, rhythmisch leuchtendes Organ kein anderer Copepod.

BOECK (1864, pag. 13, 14) kannte »von der Norwegischen Küste zwei Arten von *Metridia*, die sich durch das starke blaue Licht auszeichnen, welches sie bei der Berührung hervorbringen«. Er beschreibt die Erscheinung jedoch nur für *M. lucens*<sup>1</sup>; hat er sie für *M. armata* (= *longa* Lubb.) etwa nur angenommen, so that er das mit Recht, wie sich später herausstellte. An *lucens* sah BOECK bei der Berührung einen starken blauen, phosphorescirenden Schein sich von der Stirn nach dem Ende des Thorax verbreiten; er schreibt einen Theil des Meerleuchtens dieser Species zu, nicht sowohl den allgemein durch das Wasser verbreiteten Schimmer, als vielmehr das vereinzelte, stärkere Aufblitzen.

Demselben Genus *Metridia* gehört vielleicht auch die Species an, welche BUCHHOLZ (1874, pag. 392) als *Diaptomus castor* bezeichnet (vgl. Mon. pag. 341). Das Leuchten, welches PANSCH an den Thieren bemerkt hatte, würde dazu stimmen.

An der anderen *Metridia*-Species BOECK's, *M. armata* (= *longa* Lubb.), wurde auf der schwedischen Expedition nach Spitzbergen an der Mosselbay im December 1872 und Januar 1873 Leuchten in großer Ausdehnung beobachtet. Nach LILLJEBORG (1875) fanden sich die leuchtenden Thiere theils im Wasser, theils auf dem Strande in durchtränktem Schnee, theils sogar in dem trockenen Schnee in der Nähe des Strandes. Der Schnee leuchtete im Dunkeln und hatte das eine Mal eine Temperatur von  $-10^{\circ}$  C bei  $-25^{\circ}$  C Lufttemperatur, das andere Mal von  $-3^{\circ}$  C bei  $-5,6^{\circ}$  C Lufttemperatur; da das Leuchten der Thiere ihm bemerkbar blieb, so ist es nicht zu

Ocean einmal den Darm eines fliegenden Fisches »mit Resten mikroskopischer Krebschen angefüllt, von welchen ein lebhaft blaugrünes Licht ausging, das hernach noch über eine Stunde anhielt«.

Die bisher mitgetheilten positiven Beobachtungen des Leuchtens von Copepoden wurden, abgesehen von den irrigen MEYEN's und GIGLIOLI's an *Sapphirina*, an arctischen Species gemacht, und so weit diese Species bestimmbar sind, gehören sie zum Genus *Metridia*; unerörtert blieb dabei die Frage nach den Organen des Leuchtens.

Als ein zweites Genus, dessen Arten leuchten, machte nun DAHL<sup>1</sup> *Pleuromma* bekannt: »Auf der Plankton-Expedition wurde einige Male während der Dunkelheit gehalten, um mit dem Handnetz Leuchtthiere zu fangen. Die leuchtenden Punkte wurden von dem feuchten Netz abgelesen und zur näheren Untersuchung in ein Glas gethan. Es zeigte sich, dass in dem so angesammelten Material von Krebsen nur *Euphausien* und *Pleurommen* sich fanden« (pag. 108). Für das Leuchtorgan hielt DAHL den dem Genus *Pleuromma* eigenthümlichen einseitigen Pigmentknopf am Thorax, welchen CLAUS einst (1863) als Auge gedeutet. Über die Schwierigkeit, welche für seine Deutung des Pigmentknopfes darin lag, dass die *Metridia*-Arten ohne diesen Knopf leuchten, half DAHL sich mit der Hypothese hinweg, dass bei *Metridia*, »einer *Pleuromma* so nahe stehenden Gattung, Leuchtmasse ohne entsprechende Concentration zu einem Organ vorhanden sei«; ferner fand er in der »einseitigen Lage« des Pigmentknopfes, seinem »histologischen Bau«, seiner »Ähnlichkeit mit dem Leuchtorgan von *Euphausien*« und in dem Umstande, »dass von Copepoden nur diejenigen phosphoresciren, welche ein Seitenorgan besitzen, und vielleicht noch deren nächste Verwandten«, Gründe genug, den Knopf nicht für ein Auge sondern für ein Leuchtorgan zu halten. Ich machte nun schon darauf aufmerksam<sup>2</sup>, dass ein Organ, welches unter einer tiefbraunen Hülle liege, in dem Sinne, wie DAHL gemeint hatte, unmöglich ein Leuchtorgan sein könne; denn DAHL fasste den Knopf als Linse auf, welche die Strahlen der in ihrem Brennpunkt zu denkenden Leuchtmasse sammeln solle. Die Unmöglichkeit dieser Auffassung gab DAHL<sup>3</sup> auch zu, vermisste aber in meiner Notiz den experimentellen Nachweis, dass der Knopf überhaupt kein Leucht-

<sup>1</sup> FRIEDR. DAHL, *Pleuromma*, ein Krebs mit Leuchtorgan. in: Z. Anzeiger 16. Jahrg. 1893 pag. 104—109.

<sup>2</sup> W. GIESBRECHT, Über den einseitigen Pigmentknopf von *Pleuromma*. in: Z. Anzeiger 16. Jahrg. 1893 pag. 212—213.

<sup>3</sup> F. DAHL, Leuchtende Copepoden. ibidem 17. Jahrg. 1894. pag. 10—13.

organ sei. Dieser Nachweis soll nun in dieser Mittheilung geführt und die übrigen Gründe, die DAHL für seine Auffassung beigebracht hatte, in der folgenden Mittheilung (unten pag. 690) besprochen werden.

In dem zuletzt citirten Aufsatz führt DAHL auch eine Beobachtung an, welche VANHÖFFEN auf seiner Grönlandreise an *Metridia longa* machte: bei diesem Thiere leuchtete Kopf und Abdomen besonders stark, bisweilen aber breitete sich das Licht auch auf den ganzen Thorax aus. Weiterhin bemerkt DAHL noch: »bei der Gattung *Metridia* ist nachgewiesen, dass die Leuchtmasse noch nicht bestimmt localisirt ist«.

Demnach sind unter den pelagischen Copepoden bisher *Metridia* (BOECK, LILLJEBORG, VANHÖFFEN) und *Pleuromma* (DAHL) als leuchtend erkannt worden; über die Organe des Leuchtens liegen keine Beobachtungen vor, sondern nur Speculationen, die, wie wir sehen werden, durchaus verfehlt sind.

#### B. Eigene Beobachtungen.

Schon Anfangs der achtziger Jahre überzeugte ich mich von der Leuchtfähigkeit der pelagischen Copepoden unseres Golfes, und ich machte seither zu hunderten von Malen die Bemerkung, dass, wenn ich einen fast nur aus Copepoden bestehenden Auftrieb durch ein Gazefilter goss, die auf dem Filter zurückgelassenen Thiere in dem Augenblick lebhaft zu leuchten begannen, wann das Wasser abgeflossen war; im Sommer und Herbst pflegte die Erscheinung auszubleiben, in den ersten Monaten des Jahres aber sehr regelmäßig aufzutreten; zuweilen war das Filter dann mit einem Gewimmel grünlicher Funken ganz übersät, deren Leuchten man bei vollem Tageslicht wahrnehmen konnte. Indessen bin ich erst durch die Controverse mit DAHL über den Pigmentknopf von *Pleuromma* Anfangs vorigen Jahres veranlasst worden, die Erscheinung näher zu untersuchen; die Ergebnisse dieser Untersuchung, die ich während des letzten Winters vervollständigte, lege ich in den folgenden Abschnitten vor.

##### a. Leuchtende und nichtleuchtende Species.

An folgenden unter den pelagischen Species unseres Golfes habe ich das Leuchten beobachtet:

	{	<i>Pleuromma abdominale</i> Lubb.
		„ <i>gracile</i> Claus
Fam. Centropagidae		<i>Leuckartia flavicornis</i> Claus
		<i>Heterochaeta papilligera</i> Claus
Fam. Oncaeiidae		<i>Oncaea conifera</i> Giesbr.

Ich machte diese Arten dadurch ausfindig, dass ich den täglichen Auftrieb in kleinen Portionen durch ein Gazefilter goss, welches über einen Holzring straff ausgespannt war; dann sammelte ich diejenigen Thiere, welche schon leuchteten, sobald das Wasser abgelassen war, mit einer Nadel heraus und hielt das Filter mit dem Rest im Dunkelkasten über Ammoniakdämpfe, damit mir auch die schwächer leuchtenden Thiere nicht entgehen möchten. Auf diese Weise erhielt ich schon sehr bald die obige kleine Liste leuchtender Arten, und so oft ich auch später den Versuch wiederholte, kam doch keine weitere Art dazu<sup>1</sup>.

Die daraus sich ergebende Vermuthung, dass die allermeisten der übrigen pelagischen Arten des Golfes nicht leuchten, controllirte ich, indem ich einzelne Individuen einer großen Zahl von ihnen durch Ammoniak, Formol oder Wärme in der weiter unten angegebenen Weise reizte — stets mit negativem Resultat, so dass ich von Species der Genera *Calanus*, *Eucalanus*, *Paracalanus*, *Clausocalanus*, *Aëtideus*, *Euchaeta*, *Temora*, *Isias*, *Centropages*, *Hemicalanus*, *Candace*, *Labidocera*, *Pontella*, *Acartia*, *Oithona*, *Eutерpe*, *Thaumaleus*, *Copilia*, *Sapphirina*, *Corycaeus* mit Bestimmtheit behaupten kann, dass ihnen die Leuchtfähigkeit fehlt, wenigstens unter den Umständen fehlt, wo sie die vorher genannten Arten besitzen. Mit Hinblick auf DANA'S oben citirte Äußerung über *Corycaeus* und auf MEYEN'S und GIGLIOLI'S Angaben über *Sapphirina* und weil ich mich von Herrn JOHN MURRAY i. J. 1882 erinnerte gehört zu haben, dass er *Corycaeus* habe leuchten sehen, wendete ich den Corycaeiden besondere Aufmerksamkeit zu; doch konnte ich sie niemals zum Leuchten veranlassen, noch die Pigmentkörper ihrer paarigen Augen oder andere Organe beim Zerquetschen phosphoresciren sehen.

Zu den nichtleuchtenden Arten gehören aber auch, was besonders hervorgehoben werden muss, *Oncaea venusta*, *mediterranea* und *media* und vielleicht noch andere Arten von *Oncaea*, während, wie oben erwähnt, *Oncaea conifera* zu leuchten vermag.

Obwohl hieraus hervorgeht, dass man von der Leuchtfähigkeit einer Species nicht ohne Weiteres auf die der übrigen Species desselben Genus schließen darf, so ist es mir immerhin wahrscheinlich, dass nicht bloß die genannten Arten von *Pleuromma*, *Leuckartia* und *Heterochaeta* leuchten, sondern auch die übrigen Arten dieser Genera; jedenfalls spricht die Leuchtfähigkeit von *Metridia* dafür, dass die mit *Pleuromma abdominale* und *gracile* doch noch

<sup>1</sup> Über einen leuchtenden Nauplius s. u. pag. 657.

näher als *Metridia* verwandten übrigen Arten von *Pleuromma* ebenfalls leuchten.

Aber wenn auch außer *Oncaea conifera* sämtliche Arten von *Metridia*, *Pleuromma*, *Leuckartia* und *Heterochaeta* leuchten, und wenn selbst unter den von mir nicht auf ihre Leuchtfähigkeit untersuchten Arten es noch leuchtende geben sollte, so machen die leuchtenden Arten doch nur einen kleinen Theil der pelagischen Copepoden aus. Auch durch großen Reichthum an Individuen zeichnen sich die leuchtenden Arten, etwa von *Metridia longa* abgesehen, wenigstens nicht in dem Grade aus, wie manche Arten von *Calanus*, *Temora*, *Anomalocera*, *Pontella* etc. — Weder an litoralen noch an parasitischen Arten ist Leuchten bisher beobachtet worden.

Eine Vervollständigung der Liste leuchtender Copepoden-Arten möchte sich wohl erreichen lassen, wenn man die Eigenthümlichkeit des Leuchtstoffes, in ausgetrockneten Thieren seine Leuchtfähigkeit längere Zeit zu bewahren, benutzt (s. u. pag. 665). Sammler, die nicht in der Lage sind, die leuchtenden Thiere sogleich zu bestimmen oder auch nur aus dem Fange auszulesen, würden den ganzen Fang, an dem sie Leuchten wahrgenommen, etwa nach Entfernung größerer wasserreicher Thiere, auf Filtrirpapier auszubreiten, und ihn, nachdem er mehrere Stunden hindurch an der Luft gut ausgetrocknet wäre, in Gläser luftdicht zu verschließen haben. Bei der späteren Untersuchung hätte man nur die einzelnen Thiere mit Wasser zu befeuchten, um das Leuchten hervorzurufen; die Entstellung der Körperform durch das Austrocknen dürfte die Bestimmung der Arten wohl nur in seltenen Fällen unmöglich machen, da sie sich durch die Quellung im Wasser wieder einigermaßen ausgleicht.

#### b. Die Leuchtorgane, ihre Lage und Zahl.

Während zur Feststellung, ob ein Thier überhaupt leuchtet<sup>1</sup>, hermetischer Lichtabschluss wünschenswerth ist, da auch geringe

---

<sup>1</sup> Handelt es sich nur hierum, so empfiehlt sich vielleicht folgendes Verfahren. Man setzt das Thier, ohne es unnöthigerweise zu reizen und seine etwaige Leuchtkraft zu erschöpfen, in ein Schälchen und überdeckt dies mit einer Tüte aus schwarzem, steifem Papier, deren unterer Rand der Tischfläche dicht anliegt und deren Spitze so abgeschnitten ist, dass der Rand der Öffnung das Auge dicht umschließt. Man sieht dann in einen durchaus dunkeln Raum und kann mit einer durch die Tüte gestochenen feinen Pipette Ammoniak etc. in das Schälchen fließen lassen oder auch den Leuchtreiz dadurch ausüben, dass man das Schälchen vor dem Bedecken auf eine erwärmte Unterlage stellt.

Mengen äußeren Lichtes an dem Chitin der Copepoden zuweilen Reflexe hervorrufen, über deren Natur man zweifelhaft sein könnte, so lässt sich das einmal constatirte Leuchten am besten im Halblicht beobachten, welches man durch einfache Vorrichtungen, ja schon durch Drehung des Mikroskopspiegels oder durch Vorhalten der Hand nach Bedürfnis verstärken oder abschwächen kann; man sieht dabei zugleich das Leuchten selber und diejenigen Organe des Thieres, von denen es ausgeht.

Man bedecke das zu untersuchende Thier derart mit dem Deckglas, dass es weder zu stark gedrückt wird, noch sich von der Stelle bewegen kann; häufig genug tritt das Leuchten schon hierbei ein, und es bieten sich nachher nur noch die schwachen Reste der Erscheinung der Beobachtung dar; bei einiger Behutsamkeit gelingt es aber, auch Thiere mit voller Leuchtkraft unter das Mikroskop zu bringen.

Das Leuchten lässt sich nun hervorrufen durch Druck auf das Deckglas, oder durch Erwärmung (bei *Pleuromma gracile* tritt es bei etwa 30° C. ein), oder durch Verdunsten des Wassers, oder durch Zusatz von destillirtem Wasser, von Ammoniak, Formol, Sublimat, Alkohol, Glycerin; bei Zusatz von Salz-, Essig- und anderen Säuren bleibt es aus. Ammoniak in nicht zu starker Lösung ruft es am sichersten hervor und eignet sich auch zur Feststellung von Lage und Zahl der Leuchtorgane darum am besten, weil es diese Organe, wenigstens bei *Pleuromma* und *Leuckartia*, deutlicher hervortreten lässt; bei *Heterochaeta* allerdings verschwinden sie augenblicklich auch bei Anwendung von ganz verdünntem Ammoniak und sind am besten an ganz frischen, ungereizten Thieren zu untersuchen.

Wenn man auf diese Weise die genannten Centropagiden-Arten unter dem Mikroskop bei schwacher Vergrößerung reizt, so sieht man bei Abblendung äußeren Lichtes an verschiedenen Stellen des Körpers leuchtende Flecke erscheinen von eher grünlicher als bläulicher Farbe; einfallendes Licht zeigt, dass dieselben ausschließlich vor den Mündungen gewisser Hautdrüsen auftreten, die sich vor den übrigen farblosen Hautdrüsen durch ihre grüngelbe Färbung auszeichnen, und deren Inhalt größtentheils aus Tropfen von derselben Farbe besteht. Gewöhnlich findet das Leuchten dicht vor den Drüsenmündungen statt, zuweilen aber werden die Leuchttropfen auch kräftiger ausgestoßen; so sah ich einmal, wie ein *Pleuromma abdominale* ♀ sie aus den Drüsen des Analsegmentes so kräftig ausspritzte, dass sie noch um die Länge des Abdomens davon entfernt leuchteten.

der Fische; PFLÜGER, dem KRUKENBERG beipflichtet, spricht von leuchtender Respiration, und bei DUBOIS klingt CARUS' naturphilosophische Auffassung des Leuchtens nach, wenn er ausruft: »que ses rayons sont pour ainsi dire ceux de la vie elle-même«! — Wer also in dem Leuchten der Thiere nur einen »banalen« chemischen Process sehen und es, von einer anderen Seite betrachtet, etwa mit der Fähigkeit der Sepien, ihre Umgebung durch ausgespritzten Farbstoff zu verdunkeln, oder der Chingas, die Luft um sich her durch Stinkstoffe zu verpesten, auf die gleiche Stufe setzen will, der findet sich durch die gegentheilige Ansicht angesehener Forscher alsbald dazu genöthigt, die allgemeine Anwendbarkeit seiner leider etwas prosaischen Vorstellung vom Leuchten der Thiere vorsichtigst zu prüfen.

Die Frage nach der Vitalität des Leuchtvorganges (wenn der Ausdruck erlaubt ist), wird, soweit ich sehe, zum ersten Male von QUATREFAGES<sup>1</sup> gestellt und dahin beantwortet (pag. 250), dass es zwei Arten des Leuchtens gäbe, eine, bei der ein Leuchtstoff vom ganzen Körper oder von besonderen Organen secernirt und durch Verbrennung leuchtend werde, und eine zweite, bei der das Leuchten keine Verbrennung, sondern ein »acte vital« sei, unabhängig von irgend welcher »sécrétion matérielle«; erstere Art finde sich bei den Insecten, letztere bei Anneliden, Ophiuren, *Noctiluca*. Diese Unterscheidung ist insofern auffällig, als man erwarten sollte, dass den Zweifel an der Vitalität des Leuchtens zum ersten Male solche Thiere hätten erregen sollen, welche die Leuchtstoffe ausstoßen, also etwa die von QUATREFAGES selbst untersuchten Anneliden, nicht aber die Insecten, bei denen das Leuchten innerhalb des Körpers sich abspielt. QUATREFAGES begründete seine Unterscheidung nicht hinlänglich; er stützte sich hauptsächlich auf die Beobachtung, dass Insecten zum Leuchten Sauerstoff brauchen, *Noctiluca* aber nicht; so war es leicht, seine Ansicht mit dem Hinweis auf den vitalen Vorgang der Respiration zurückzuweisen.

Indessen, wenn auch nicht erwiesen, so war hier doch ein Unterschied aufgestellt worden, der von allen späteren Forschern Berücksichtigung verdient hätte: der Unterschied zwischen dem Leuchtstoff selbst und dem ihn produzierenden Plasma; es war in dem Leuchtvorgang ein physiologischer, die Production des Leuchtstoffes,

<sup>1</sup> A. DE QUATREFAGES, Mémoire sur la phosphorescence de quelques Invertébrés marins. in: Ann. Sc. N. (3) Tome 14 1850 pag. 236—281.

Mengen äußeren Lichtes an dem Chitin der Copepoden zuweilen Reflexe hervorrufen, über deren Natur man zweifelhaft sein könnte, so lässt sich das einmal constatirte Leuchten am besten im Halblicht beobachten, welches man durch einfache Vorrichtungen, ja schon durch Drehung des Mikroskopsiegels oder durch Vorhalten der Hand nach Bedürfnis verstärken oder abschwächen kann; man sieht dabei zugleich das Leuchten selber und diejenigen Organe des Thieres, von denen es ausgeht.

Man bedecke das zu untersuchende Thier derart mit dem Deckglas, dass es weder zu stark gedrückt wird, noch sich von der Stelle bewegen kann; häufig genug tritt das Leuchten schon hierbei ein, und es bieten sich nachher nur noch die schwachen Reste der Erscheinung der Beobachtung dar; bei einiger Behutsamkeit gelingt es aber, auch Thiere mit voller Leuchtkraft unter das Mikroskop zu bringen.

Das Leuchten lässt sich nun hervorrufen durch Druck auf das Deckglas, oder durch Erwärmung (bei *Pleuromma gracile* tritt es bei etwa 30° C. ein), oder durch Verdunsten des Wassers, oder durch Zusatz von destillirtem Wasser, von Ammoniak, Formol, Sublimat, Alkohol, Glycerin; bei Zusatz von Salz-, Essig- und anderen Säuren bleibt es aus. Ammoniak in nicht zu starker Lösung ruft es am sichersten hervor und eignet sich auch zur Feststellung von Lage und Zahl der Leuchtorgane darum am besten, weil es diese Organe, wenigstens bei *Pleuromma* und *Leuckartia*, deutlicher hervortreten lässt; bei *Heterochaeta* allerdings verschwinden sie augenblicklich auch bei Anwendung von ganz verdünntem Ammoniak und sind am besten an ganz frischen, ungeritzten Thieren zu untersuchen.

Wenn man auf diese Weise die genannten Centropagiden-Arten unter dem Mikroskop bei schwacher Vergrößerung reizt, so sieht man bei Abblendung äußeren Lichtes an verschiedenen Stellen des Körpers leuchtende Flecke erscheinen von eher grünlicher als bläulicher Farbe; einfallendes Licht zeigt, dass dieselben ausschließlich vor den Mündungen gewisser Hautdrüsen auftreten, die sich vor den übrigen farblosen Hautdrüsen durch ihre grüngelbe Färbung auszeichnen, und deren Inhalt größtentheils aus Tropfen von derselben Farbe besteht. Gewöhnlich findet das Leuchten dicht vor den Drüsenmündungen statt, zuweilen aber werden die Leuchttropfen auch kräftiger ausgestoßen; so sah ich einmal, wie ein *Pleuromma abdominale* ♀ sie aus den Drüsen des Analsegmentes so kräftig ausspritzte, dass sie noch um die Länge des Abdomens davon entfernt leuchteten.

Die grüngelben Hautdrüsen sind bei jenen Centropagiden-Arten die einzigen Leuchtorgane; niemals habe ich das Leuchten an den gewöhnlichen Hautdrüsen oder an sonst einem Organ auftreten sehen. Diese Leuchtdrüsen, wie ich sie daher nenne, haben bei den einzelnen Arten eine constante und für die Species charakteristische Zahl und Lage, die ich zunächst für die oben genannten Arten von *Pleuromma*, *Leuckartia* und *Heterochaeta* angeben will. Für die übrigen Arten dieser Genera und von *Metridia* kann ich sie nicht angeben, da es mir leider nicht gelang, an conservirten Thieren die Leuchtdrüsen von den gewöhnlichen Hautdrüsen zu unterscheiden. Einige von den Leuchtdrüsen von *Pleuromma* und *Leuckartia* findet man auf Taf. 5 Fig. 4, 7 und 8 meiner Monographie als gelbgrüne Flecke angedeutet.

*Pleuromma abdominale* hat im Ganzen 18 Leuchtdrüsen. Drei, eine mediane und je eine laterale, liegen in der Stirn ziemlich nahe bei einander; ferner jederseits ein Paar in der antero-lateralen Ecke des 2. Thoraxringes (Th 2), jederseits ein Paar in den postero-lateralen Zipfeln des Analsegmentes und jederseits ein Paar im distalen Theile der Furca; endlich eine einzelne an der dem Pigmentknopfe gegenüberliegenden Stelle des 1. Thoraxringes (Th 1), und eine Drüse jederseits im Kopfe, etwa in der Höhe der Mandibeln und den Lateralrändern näher als der Mitte des Rückens. — Die Größe der Drüsen variirt je nach der Füllung; doch sind die erstgenannten, zu zweien oder dreien zusammenliegenden Drüsen die größten (0,01—0,013 mm lang), die einseitige von Th 1 und besonders die beiden in der Kopfmittle die kleinsten. Die Drüsen liegen im Allgemeinen dem Integument nahe an, nur die mittleren Kopfdrüsen stehen mehr senkrecht dazu; sie sind, wie die Hautdrüsen im Allgemeinen, birnförmig; die Stirndrüsen sind nach vorne, die Drüse von Th 1 nach hinten, die von Th 2 nach der Mitte und nach hinten, die des Analsegmentes nach hinten und seitwärts, die der Furca nach hinten gerichtet. Die beiden Öffnungen jedes Drüsenpaares im Analsegment und in der Furca liegen ganz enge bei einander, doch hat jede einzelne Drüse ihre Öffnung für sich; auch die drei Stirndrüsen münden nahe bei einander, während die Öffnungen der Drüsen jedes Paares im 2. Thoraxring wenigstens um die Länge der Drüse von einander entfernt sind. Die Stirndrüsen münden am vordern Stirnrand, die des Analsegmentes am Ende der seitlichen Zipfel, die der Furca auf der Dorsalfläche nicht weit vom Hinterrande. Die Seite, auf der die Drüse von Th 1 liegt, ist immer die dem Pigmentknopf

gegenüberliegende; in seiner Nähe befindet sich niemals eine Leucht-drüse, und ich habe weder an ihm noch in seiner Umgebung je ein Leuchten wahrnehmen können. — Zahl und Vertheilung der Leucht-drüsen ist bei Männchen und Weibchen dieselbe<sup>1</sup>, und die unreifen Thiere des IV. und V. Copepodid-Stadiums stimmen mit den reifen hierin vollkommen überein. Auch von den Thieren des I. bis III. Copepodid-Stadiums konnte ich eine Anzahl lebend untersuchen; ich bin aber nicht ganz sicher, ob dieselbe genügend war, um meine Befunde über die Vertheilung ihrer Leucht-drüsen außer allen Zweifel zu stellen. Ich vermisste bei ihnen die Drüsen in der Furca und im 2. Thorax-Segment; die übrigen fanden sich beim III. Stadium vor, während dem II. noch die Drüse von Th 1 zu fehlen und im Analsegment jederseits nur eine Drüse vorhanden zu sein schien; im I. Copepodid-Stadium fanden sich eine unpaarige Stirndrüse, die Drüsen zu beiden Seiten des Kopfes und jederseits eine Drüse im Analsegment. Jedenfalls sind sämtliche Copepodide der Species im Besitze von Leucht-drüsen, und wahrscheinlich leuchten auch ihre Nauplien.

In der zweiten Woche des vergangenen Januar nämlich fanden sich im Auftrieb, leider nur an einem Tage, eine große Menge leuchtender Nauplien, welche, soweit ich sie durchgesehen habe, zwei Metanauplius-Stadien derselben Species angehörten, vermuthlich dem dritt- und vorletzten (Länge 0,38 und 0,45 mm). Um zu erfahren, welches diese Species sei, isolirte ich eine Anzahl von ihnen; aber obwohl sie, zum Theil wenigstens, etwa eine Woche am Leben blieben, häutete sich doch keiner von ihnen, so dass ich über die Species nur Vermuthungen äußern kann. Die Nauplien gehören, trotz des auffälligen Baues ihres Hinterleibes, nach ihren Gliedmaßen zu einer *Gymnoplea*-Species, und man wird aus ihrer Leuchtfähigkeit folgern dürfen, dass sie zu einer der leuchtenden Arten gehören, um so mehr als ihre Leuchtorgane ganz die gleichen grüngelben

<sup>1</sup> Einige Male habe ich in manchen der gewöhnlichen Hautdrüsen von *P. abdominale* grüngelbe Tröpfchen von etwas körnigem Aussehen bemerkt, so in den Drüsen der Außenastglieder und selbst des letzten Innenastgliedes des 2. Schwimfußes; Leuchten habe ich jedoch an diesen Drüsen nicht wahrgenommen. Eine Abnormität fand sich bei einem unter den ziemlich zahlreichen Männchen der Species, die ich untersuchte: dasselbe hatte an der rechten Seite des 2. und 3. Thorax-Segmentes dicht an der Mitte des Lateralrandes je eine Gruppe von 4—5 kleinen grüngelben Drüsen, die ganz wie Leucht-drüsen aussahen; doch erlaubte der Zustand des Thieres nicht, ihre Leuchtfähigkeit zu constatiren.

Hautdrüsen sind, womit diese Arten leuchten. Sie besitzen deren im Ganzen drei: eine mediane über dem rothen Auge, die vor demselben in der Mitte des Stirnrandes mündet, und jederseits eine im Kopfe, die dorsal vom Rande des Kopfschildes und zwar nicht weit von demselben entfernt in der Höhe zwischen Mandibel und erster Maxille mündet und postero-medial gerichtet ist. Die Lage dieser Drüsen weist auf *Pleuromma* hin, da *Heterochaeta* keine Stirndrüsen und *Leuckartia* keine lateralen Kopfdrüsen hat, und insbesondere auf *Pl. abdominale* wegen der medianen, bei *Pl. gracile* nicht vorhandenen Stirndrüse. Da die beiden ersten Copepodid-Stadien von *Pl. abdominale* etwa 0,7 und 0,95 mm messen, so würde die Länge der Nauplien mit ihrer Zugehörigkeit zu dieser Species ebenfalls in Einklang stehen.

*Pleuromma gracile* hat 17 Leuchtdrüsen, deren Vertheilung ähnlich wie bei *abdominale* ist, aber nicht ganz damit übereinstimmt. Die gleiche Lage haben bei beiden Arten die drei Drüsen in der Kopfmitte und in Th 1 und die vier Drüsenpaare im Analsegment und in der Furca. Dagegen hat *gracile* in der Stirn nicht drei Drüsen, sondern jederseits ein Paar von Drüsen; die beiden Drüsenpaare in Th 2 fehlen, und statt ihrer findet sich je eine Drüse im Basale des 2. Fußes<sup>1</sup>. Die letztere ist, wenn prall gefüllt, zweilappig, und liegt im 1. Basalgliede, mündet aber im zweiten nahe am proximalen und nicht weit vom innern Rande an der Vorderfläche des Gliedes. Auch bei *Pl. gracile* stimmen die Leuchtdrüsen in beiden Geschlechtern überein, und auch bei dieser Art hat der Pigmentknopf an der Leuchterscheinung keinen Antheil.

*Leuckartia flavicornis* ist etwas ärmer an Leuchtdrüsen als die *Pleuromma*-Arten; sie hat nur 10, deren Lage bei Männchen, Weibchen und V. Copepodid-Stadium übereinstimmt. Nämlich zwei Drüsen in der Stirn, die nicht so enge zusammen liegen wie die beiden Drüsenpaare bei *Pl. gracile*, zwei dorsale Drüsen hinter der Mitte des Kopfes, welche mit ihren proximalen Enden sich zu berühren pflegen,

<sup>1</sup> Es lag nahe zu untersuchen, ob die Leuchtdrüsen in Th 2 von *abdominale* und die im 2. Fuße von *gracile* bei der anderen Species jedes Mal durch gewöhnliche Hautdrüsen vertreten seien; dabei fand sich, dass bei *gracile* meistens 4 Drüsen jederseits in Th 2 vorhanden sind, welche wenigstens ungefähr die Lage haben wie die beiden Leuchtdrüsen und die beiden nahebei befindlichen gewöhnlichen Drüsen bei *abdominale*; an der Stelle von B 2 des 2. Fußes aber, wo bei *gracile* die Leuchtdrüse mündet, konnte ich bei *abdominale* keine Drüsenmündung auffinden.

und zwei etwas weiter von einander entfernte Drüsen an der Grenze zwischen dem 3. und 4. Thoraxringe, deren Mündungen schon in Th 4 liegen, während die proximalen Stücke der Drüsen noch in Th 3 hineinragen; im Analsegment und in der Furca fehlen Leucht-drüsen. Außer diesen Rumpfdrüsen mündet noch je eine Drüse an der Vorderfläche der Endglieder der Außenäste des 3. und 4. Fußes nicht weit vom distalen Gliedrande.

Bei *Heterochaeta papilligera* sind die Leucht-drüsen blasser gefärbt als bei *Pleuromma* und *Leuckartia*, und da sie zudem durch Ammoniak rasch entfärbt werden, sich auch beim Fange der Thiere leichter zu entleeren scheinen und meistens leer und schwer kenntlich geworden sind, ehe man die Thiere unter das Mikroskop gebracht hat, so ist es etwas schwierig, ihre Vertheilung und Zahl mit Sicherheit festzustellen; es gehört um so mehr ein reichliches Material dazu, da die Zahl der Leucht-drüsen größer ist als bei den vorher besprochenen Arten. Es schien mir vortheilhaft, Thiere zu untersuchen, die ich schon einige Tage hindurch im Glase gehalten hatte; sie waren dann matter und schienen weniger geneigt, den Leuchtstoff schon beim Bedecken mit dem Deckglase auszustoßen.

Die Leucht-drüsen von *Heterochaeta* unterscheiden sich von denen bei *Pleuromma* und *Leuckartia* vor allem dadurch, dass sie sämtlich »Zwillingsdrüsen« sind, welche aus je zwei enge an einander liegenden, wiewohl deutlich von einander getrennten, und in die nämliche Öffnung mündenden Einzeldrüsen von ganz übereinstimmender Beschaffenheit bestehen<sup>1</sup>. Die vollkommene Selbständigkeit der Körper und die Gemeinsamkeit der Mündung der Einzeldrüsen unterscheidet diese Zwillingsdrüsen sowohl von den zweilappigen Leucht-drüsen im 2. Fuß von *Pl. gracile* als von den Drüsenpaaren im Analsegment und in der Furca der beiden *Pleuromma*-Arten.

Solcher leuchtenden Zwillingsdrüsen besitzt *H. papilligera* folgende — im Rumpfe: 1) zwei Paar dorsale im Kopfe; die beiden Zwillingsdrüsen des vorderen Paares liegen weit von der Mitte des Rückens entfernt, nahe am Lateralrande, dorsal von der Gegend zwischen der 1. und 2. Maxille; die des hinteren Paares liegen nahe bei einander in der Mitte des Rückens nicht weit von dem hinteren Kopfrande; 2) drei jederseits im Analsegment; ihre Mündungen

<sup>1</sup> Die gewöhnlichen hellen Hautdrüsen von *H.* scheinen keine Zwillingsdrüsen zu sein, sicher nicht die in den Außenästen der Schwimmpfüße.

liegen an den Lateralflächen des Segmentes, aber eine mehr ventral, eine mehr dorsal; 3) eine in jedem Furcalzweig, wo sie nicht wie bei *Pleuromma* dorsal, sondern ventral, und vom Hinterrande weiter als dort entfernt mündet; — in den Gliedmaaßen: 1) drei in dem langen Basalgliede jeder der vorderen Antennen, dem Vorderrande näher als dem Hinterrande; ihre Mündungen befinden sich auf der Dorsalfläche des Gliedes; 2) zwei im distalen Theile jeder hinteren Maxille (vorderen Maxillipeden), von denen die eine zwischen L 4 und Ri, die andere in L 5 liegt (vergl. Mon. Taf. 20 Fig. 15); 3) zwei oder drei in jedem Re 3 des 2., 3. und 4. Schwimmfußes, dem Innenrande näher als dem Außenrande, mit den Mündungen an der vorderen Gliedfläche; drei konnte ich mit Sicherheit im 3. Fuße erkennen, wo ihre Mündungen proximal von der St und gegenüber den Ansatzstellen der beiden distalen Si liegen; im 2. und 4. Fuße schienen mir nur je zwei vorhanden zu sein. — Es sind also, auch hier in beiden Geschlechtern, mindestens 36 leuchtende Zwillingsdrüsen vorhanden, von denen 12 dem Rumpfe angehören.

Dass auch *Metridia* vermittelt Leuchtdrüsen leuchtet, wird man auf Grund der nahen Verwandtschaft zwischen *Metridia* und *Pleuromma* mit Sicherheit behaupten dürfen; ich möchte sogar aus VANHÖFFEN'S Bemerkung, dass bei *M. longa* Kopf und Abdomen besonders stark leuchteten, auf einige Ähnlichkeit in der Vertheilung der Leuchtdrüsen schließen und annehmen, dass auch bei *Metridia* in Stirn, Analsegment und Furca deren mehr vorhanden sind als an anderen Punkten des Körpers. Zwar sagt DAHL im Widerspruch mit dieser Annahme: »bei der Gattung *Metridia* ist nachgewiesen, dass die Leuchtmasse noch nicht bestimmt localisirt ist«; aber ich kann diesen Nachweis in den oben (pag. 650 ff.) vollständig citirten Bemerkungen über das Leuchten von *Metridia* durchaus nicht finden, wie mir denn überhaupt kein Metazoon bekannt ist, dessen Leuchtfähigkeit nicht an bestimmte Organe gebunden wäre.

Ein ganz anderes und sehr eigenthümliches Aussehen haben die Leuchtdrüsen von *Oncaea conifera*. Ihre Form ist unregelmäßig; auf einen kurzen Ausführgang folgt ein bei den Drüsen des Kopfes meistens kugelförmiger, bei denen des Abdomens mehr gestreckter, dickerer Abschnitt, welcher am proximalen Ende in einen zuweilen verzweigten Strang ausläuft. Ihre Größe variirt je nach der Füllung mit Secret; durchschnittlich sind sie relativ viel größer als bei den Centropagiden; die Drüsen z. B., welche am Hinterrande des Analsegmentes münden, können mit ihrem proximalen Ausläufer fast den Hinterrand des 2.

Abdomen-Segmentes (Ab 3) erreichen. Auch ihr Inhalt sieht ganz anders aus als der der Leuchtdrüsen der Centropagiden; er besteht nicht aus klaren Tröpfchen, sondern aus einer leicht trüben, feinkörnigen Masse. Endlich ist auch die Farbe, in welcher das Leuchtsecret von *O. conifera* phosphorescirt, nicht wie bei den Centropagiden grünlich, sondern, wie bei den *Euphausia*-Larven, entschieden blau. Bei *O. mediterranea* etc. finden sich Hautdrüsen von solchem Aussehen nicht.

Während bei den Centropagiden nur ein kleiner Theil der Hautdrüsen in Leuchtdrüsen umgewandelt ist, leuchtet bei *O. conifera* das Secret sämmtlicher Hautdrüsen, welche überhaupt auf dem Rücken und an den Seiten des Vorderkörpers und im Abdomen vorhanden sind (die Drüsen der Gliedmaaßen dagegen leuchten nicht); ich habe hier keine Hautdrüse finden können, die nicht die oben angeführten Merkmale aufwies, und das bei Reizung mit Ammoniak überall am Rumpfe aufzuckende blaue Licht lässt schon erkennen, dass die Leuchtdrüsen über seine ganze Fläche verstreut sind, und dass ihre Zahl sehr groß sein muss. Am Kopf des Weibchens sind deren wenigstens 30 vorhanden, welche wie die der übrigen Segmente symmetrisch vertheilt sind; ihre genaue Zahl (im Ganzen kaum unter 70) und Vertheilung kann ich indessen nur für das weibliche Abdomen angeben; hier münden sie auf den Seitenflächen der Segmente, und zwar jederseits 2 im hinteren Theil des Genitalsegmentes (Ab 1~2), jederseits 2 im folgenden Segment (Ab 3) und jederseits 2 vordere und 2 hintere im Analsegment (Ab 5), von denen die hinteren beiden dicht am hinteren Segmentrande münden; in jedem Segment sind die Mündungen so vertheilt, dass eine mehr dorsal, eine mehr ventral liegt. Noch mit größerer Sicherheit als an den Segmenten des Vorderkörpers kann man sich an denen des Abdomens überzeugen, dass außer diesen Leuchtdrüsen keine Hautdrüse darin vorhanden ist. Die Leuchtdrüsen der Männchen haben dasselbe Aussehen wie die der Weibchen, doch ist ihre Zahl geringer.

#### e. Experimentelle Untersuchung des Leuchtvorganges.

Die oben aufgezählten Centropagiden-Arten sind in verschiedenem Grade empfindlich gegen Reize: *Heterochaeta papilligera* antwortet meistens durch völlige Entleerung sämmtlicher Leuchtdrüsen, so dass es zur bloßen Feststellung der Lage und Zahl ihrer Drüsen einer großen Zahl von Individuen bedarf; unter den zu *Pleuromma* und *Leuckartia* gehörigen Thieren dagegen findet man selten eines, welches trotz

aller beim Fange und der bei der Präparation zur mikroskopischen Beobachtung mit ihm vorgenommenen Manipulationen sämtliche Drüsen völlig entleert hätte; im Gegentheil bleiben bei einiger Vorsicht die meisten davon wenigstens theilweise gefüllt; so eignen sich diese Species besser zu Experimenten, und daher sind im Folgenden, wenn nicht andere Arten genannt sind, unter leuchtenden Copepoden besonders *Pleuromma gracile* und *Leuckartia flavicornis* zu verstehen.

Wenn man diese Thiere unter den im vorigen Abschnitt angeführten Bedingungen reizt und dabei regelmäßig beobachtet, dass das Leuchten vor den Mündungen der grüngelben Drüsen auftritt und stets mit einer Verminderung ihres Inhaltes verbunden ist, so überzeugt man sich alsbald von der für das Verständnis des Leuchtvorganges grundlegenden Thatsache, dass der Leuchtstoff das Secret der Leuchtdrüsen ist und erst dann zu leuchten beginnt, wenn er aus den Drüsen austritt. Die hieraus sich ergebende Folgerung, dass der Leuchtstoff erst durch Berührung mit dem umgebenden Medium leuchtend wird, bestätigt sich dadurch, dass der Drüseninhalt frisch getöteter Thiere erst nach Zerreißung der Drüsen aufleuchtet, und auch dadurch, dass bei Thieren, die man, wie weiter unter angegeben, ausgetrocknet oder in Glycerin entwässert hat, und dann von neuen in Wasser bringt, das Secret auch innerhalb der Drüsen leuchten kann, wenn es nämlich nicht aus der Mündung herausquillt, sondern Wasser in die Drüse durch die Mündung oder durch Endosmose eindringt.

Das Secret der Leuchtdrüsen besteht, wie oben angegeben, aus durchsichtigen, grüngelben Tropfen, und ich will hier noch hervorheben, dass dieselben durchaus homogen sind und keinerlei Structur zeigen; sie unterscheiden sich von den Secrettropfen der farblosen Hautdrüsen nur durch ihre Färbung, und man wird daher in dem Stoffe, der ihnen diese Färbung verleiht, den Träger ihrer Leuchtfähigkeit zu suchen haben; das Aussehen der Leuchttröpfchen bietet für die Ansicht, dass sie etwas anderes wären als lebloses Secret und etwa noch lebendes Protoplasma enthielten, nicht den mindesten Anhalt. Diese Ansicht wird außerdem dadurch widerlegt, dass das Secret nach dem Tode des Thieres seine Leuchtfähigkeit bewahrt: in halbprocentiger Salzsäurelösung noch einige Minuten, in schwacher Formol- oder Ammoniaklösung noch etwa eine Stunde, in Glycerin bis gegen 10 Stunden, ja, an Thieren, die ich an der Luft austrocknen ließ, konnte ich das Leuchten noch nach 3 Wochen hervorrufen, so dass man wohl annehmen kann, dass das Leuchtsecret

seine Leuchtfähigkeit unbegrenzte Zeit bewahrt, sofern man es vor Feuchtigkeit schützt.

Wenn die Secrettropfen aus den Leuchtdrüsen austreten, sei es dass das Thier sie selbst entleert<sup>1</sup>, oder (was für die Beobachtung sich besser eignet) dass man die Entleerung an dem frisch getöteten Thiere durch sanften Druck oder durch Erwärmung oder an Glycerinthieren durch Quellung (s. u.) bewirkt, so lösen sie sich meistens sofort auf und theilen zuweilen der Umgebung der Drüsenmündung eine schnell verblassende grünliche Färbung mit. Geht die Entleerung nicht zu rasch vor sich, so sieht man bei Abblendung äußeren Lichtes zunächst an der Drüsenmündung einen leuchtenden Punkt entstehen, der sich dann zu einem Kreise erweitert, und da derselbe nur an seiner Peripherie leuchtet, so hat man einen neuen Beweis dafür, dass der Contact des Secretes mit dem umgebenden Medium eine Bedingung für das Leuchten ist. Auch wenn man das Thier zerquetscht und der Inhalt der Drüsen sich dabei mit der ausgepressten Masse mischt, so wird man meistens nur am freien Rande derselben das Leuchten wahrnehmen.

Aus alledem geht hervor, dass der auf die Leuchtthiere ausgeübte Reiz nicht unmittelbar das Leuchten, sondern nur die Entleerung der Leuchtdrüsen veranlasst, dass das Leuchten nicht an dem lebenden Protoplasma der Drüsenzelle, sondern an dem von ihr produzierten toten Secret auftritt, und dass es eine Begleiterscheinung der Einwirkung ist, welche das Leuchtsecret von dem umgebenden Medium erfährt.

Das zuletzt angeführte Ergebnis führt zu der weiteren Frage: welcher Bestandtheil des umgebenden Mediums bringt das Secret zum Leuchten? ist derselbe einer von den allgemeinen Bestandtheilen des Meerwassers oder wird er etwa von den Thieren selbst geliefert?

Ich erwähnte oben, dass man die lebenden Thiere durch Zusatz von Ammoniak und von einigen neutral reagirenden Stoffen zum Leuchten bringen kann, dass dagegen bei Zusatz von Chlorwasserstoff- und anderen Säuren das Leuchten ausbleibt. Danach könnte

---

<sup>1</sup> Auf welche Weise das geschieht, kann ich nicht mit Sicherheit angeben; aber da eine besondere Drüsenmuskulatur nicht wahrzunehmen war, die willkürliche, ruckweise Entleerung der Leuchtdrüsen aber ohne Mithilfe von Muskeln nicht erklärlich ist, so ist anzunehmen, dass Muskelcontractionen eine Verengung der Leibeshöhle bewirken, und das Blut den Druck auf die Drüsen fortpflanzt.

man annehmen, dass zu den Factoren, die das Secret zum Leuchten bringen, das im normalen Meerwasser gelöste Ammoniak gehöre. Gleichwohl wäre diese Annahme falsch. Denn man kann bei einiger Vergrößerung leicht erkennen, dass die Leuchtdrüsen bei Zutritt von Ammoniakwasser sich entleeren, dass aber bei Zutritt einer  $\frac{1}{2}$ - bis 1-prozentigen Salzsäurelösung ihr Secret nicht austritt. Schon dies lässt vermuthen, dass das Auftreten oder Ausbleiben des Leuchtens nicht in der Verschiedenheit der chemischen Wirkung von Ammoniak oder Salzsäure auf das Leuchtsecret seinen Grund habe, sondern vielmehr darin, dass die Thiere durch Ammoniak zur Entleerung der Leuchtdrüsen gereizt, durch Salzsäure aber nicht dazu gereizt oder sogar daran verhindert werden. Die Richtigkeit dieser Vermuthung lässt sich nun beweisen, indem man Thiere, welche so lange in der Salzsäure-Lösung gelegen haben, bis ihre Gewebe trübe geworden und also von der Säure angegriffen sind, in der Lösung mit Nadeln zerreißt oder mit dem Deckglase zerquetscht oder auch erwärmt; sie leuchten dann noch eben so gut wie in Ammoniakwasser. Auch wenn man die Thiere lebend in erwärmte Salzsäurelösung (in Aq. dest.) bringt, so überwiegt gewöhnlich der Reiz, den die erhöhte Temperatur auf die Thiere ausübt, das von der Säure etwa hervorgebrachte Hindernis für die Entleerung der Drüsen, so dass das Leuchten auftritt. — Auch in einer Lösung von Glycerin in etwa 5 Theilen Aq. dest., worin die Thiere nach etwa  $\frac{1}{4}$  Stunde absterben, entleert sich später durch sanften Druck das Secret unter Leuchten.

Hierdurch ist bewiesen, dass es weder das im Meerwasser gelöste Ammoniak noch die in demselben gelösten Salze sein können, unter deren Einwirkung das ausgetretene Secret der Leuchtdrüsen aufleuchtet.

Um nun zu prüfen, ob vielleicht der im Meerwasser vorhandene freie Sauerstoff zu den chemischen Bedingungen für das Auftreten des Leuchtens gehöre, wiederholte ich die eben erwähnten Versuche mit Lösungen von Salzsäure und Glycerin, die ich vorher längere Zeit ausgekocht hatte. Auch dabei trat das Leuchten unter den genannten Bedingungen auf.

Ist somit erwiesen, dass alle Bestandtheile des Meerwassers mit einziger Ausnahme des Wassers beim Leuchten unbetheiligt sind, so bietet der folgende Versuch einen positiven Beweis für die Nothwendigkeit der Gegenwart von Wasser. Wenn man die Thiere lebend in concentrirtes Glycerin bringt, worin sie sich nach anfänglicher Trübung ihrer Gewebe alsbald durch Entwässerung wieder aufhellen,

so leuchten sie nicht, wenn man sie in dem Glycerin zerreißt, zerquetscht oder erwärmt; sobald man aber zu den Stücken oder auch zu den unverletzten Thieren etwas Wasser fließen lässt, so tritt das Leuchten in voller Stärke wieder auf; jedoch bewahrt das Leuchtsecret seine Leuchtfähigkeit im Glycerin höchstens 10 Stunden. Ein analoger Versuch, von dem bereits (oben pag. 654) die Rede war, ist der schon von PANCERI, DUBOIS u. A. angestellte, nämlich die Thiere durch Austrocknen zu entwässern. Ich brachte sie lebend auf Filtrirpapier und ließ sie, nachdem sie von allem anhaftenden Wasser befreit waren, in einer Glasschale mehrere Stunden hindurch an der Luft austrocknen; das Ergebnis war das nämliche: zerrissen oder zerquetscht leuchteten die Thiere nicht, sondern stets erst bei Berührung mit Wasser, und zwar ließ sich das Leuchten, wie oben erwähnt, noch nach 3 Wochen hervorrufen<sup>1</sup>. Dagegen führt Entwässerung durch absoluten Alkohol nicht zum Ziel; vielmehr büßt das Leuchtsecret seine Leuchtfähigkeit darin sofort und auf immer ein.

Obwohl die Berührung mit Wasser die einzige bisher gefundene *Conditio sine qua non* für das Aufleuchten des Secretes der Leuchtdrüsen ist, so zeigte sich andererseits, dass das Eintreten der Erscheinung von der Menge der in dem angewandten Wasser gelösten Stoffe abhängig ist: nur wenn diese ein gewisses Maximum nicht überschreitet, leuchtet das Secret auf. Eine genauere Feststellung dieses Maximums für verschiedene Stoffe habe ich nicht ausgeführt; jedoch fand ich, dass das Leuchten vorher ausgetrockneter Thiere in einer Mischung von 1 Theil Glycerin mit 2 Theilen Aq. dest. noch auftritt, in einer Mischung zu gleichen Theilen schon ausbleibt, und dass es in einer concentrirten Kochsalzlösung nur noch ganz geringe Kraft besitzt; in Chlorcalciumlösungen scheint das Maximum tiefer zu liegen, da ich das Leuchten mit einer 30prozentigen Lösung nicht mehr hervorrufen konnte, während es in einer 25prozentigen sich einzustellen begann. Die Erklärung hiervon bietet vielleicht die Annahme, dass die Einwirkung des Wassers auf das Leuchtsecret mit einer gewissen Schnelligkeit verlaufen muss, um von Leuchten begleitet zu sein, und dass diese Schnelligkeit von der Menge der im Wasser gelösten Stoffe abhängt.

Wenn sich nun auch ergeben hat, dass von den Bestand-

---

<sup>1</sup> Die lange Haltbarkeit des Leuchtstoffes in den ausgetrockneten Thieren eröffnet Chemikern vielleicht die Möglichkeit, denselben in einer für die Analyse ausreichenden Menge zu extrahiren.

theilen des Meerwassers ausschließlich das Wasser das Secret der Leuchtdrüsen zum Leuchten bringt, so ist durch die angeführten Versuche doch noch nicht die Betheiligung eines zweiten, von den Thieren selbst dem Wasser beigemengten Stoffes ausgeschlossen. Es wäre wohl denkbar, dass das Leuchten die Begleiterscheinung eines chemischen Vorganges wäre, der sich zwischen dem Secret der Leuchtdrüsen und demjenigen der übrigen, gewöhnlichen Hautdrüsen abspielte<sup>1</sup>, und dass das Wasser nur ein Vehikel für diesen Vorgang wäre.

Zunächst scheint einiges für diese Annahme zu sprechen. Die leuchtenden Centropagiden haben so viele farblose Hautdrüsen, dass es in der Nachbarschaft der Leuchtdrüsen immer einige giebt, die ihr Secret mit dem der Leuchtdrüsen bei der Entleerung mischen können. In zwei Fällen ließe sich sogar eine engere Beziehung zwischen je einer grüngelben und einer farblosen Drüse aus ihrer Lage folgern; nämlich im 2. Thorax-Segment von *Pl. abdominale* liegen jederseits zwei farblose Drüsen mit den beiden farbigen so zusammen, dass je eine Drüse der einen Art mit einer der anderen Art zu einem Paare vereinigt zu sein scheint, und in den Schwimfüßen (zuweilen schien mir auch im Rumpfe) von *Leuckartia* vereinigen sich je eine farblose und eine grüngelbe Drüse zu einer Zwillingsdrüse, indem sie in dieselbe Öffnung münden.

Gleichwohl ist die Annahme von einer Cooperation der farblosen mit den gefärbten Drüsen nicht haltbar.

Ich kann nicht mit Bestimmtheit sagen, wie die Entleerung der farblosen Drüsen vor sich geht; aber es ist anzunehmen, dass dieselben sich entweder, gleich den Leuchtdrüsen, ruckweise und, im Fall sie mit diesen gemeinsam das Leuchten verursachen, auch gleichzeitig mit ihnen und auf die gleichen Reize hin entleeren, oder aber dass ihr Secret nach und nach herausickert. Bei dem ersten Modus würden wir an denjenigen farblosen und farbigen Drüsen, die in die gleiche Öffnung oder dicht neben einander münden, einen Parallelismus in der Entleerung beobachten müssen, und bei

<sup>1</sup> Die Anordnung einiger Leuchtdrüsen von *Pleuromma* und *Leuckartia* zu Paaren und besonders die Zwillings-Leuchtdrüsen von *Heterochaeta* könnten auch die Vermuthung entstehen lassen, dass die Secrete der Einzeldrüsen jedes Paares und jeder Zwillingsdrüse sich mischen müssten, um das Leuchten hervorzubringen. Indessen entzieht das identische Aussehen der Einzeldrüsen jedes Paares und jeder Zwillingsdrüse dieser Vermuthung den Boden, wie sie ja auch durch die Existenz vereinzelt liegender Leuchtdrüsen schon widerlegt ist.

denjenigen Leuchtdrüsen, in deren nächstem Umkreis sich keine farblose Drüse findet, würde das Leuchten nicht unmittelbar an ihrer Öffnung, sondern zwischen derselben und derjenigen der nächstliegenden farblosen Hautdrüse auftreten müssen. Aber weder an den Zwillingsdrüsen in den Füßen von *Leuckartia* noch an den Leuchtdrüsen im Analsegment und in der Furca und den dazwischen liegenden farblosen Hautdrüsen (eine mündet dicht vor der Ansatzstelle der Außenrandborste der Furca und eine kleinere zwischen dieser und dem Hinterrande) von *Pleuromma* habe ich einen derartigen Parallelismus zu entdecken vermocht, und habe das Leuchten, wenn es für die Beobachtung langsam genug verlief, stets dicht vor der Mündung der Leuchtdrüsen beginnen sehen. Will man dagegen annehmen, dass das Secret aus den farblosen Hautdrüsen allmählich austrete und etwa die das Thier umgebende Wasserschicht mit seinen löslichen Bestandtheilen imprägnire, so dass das Leuchtsecret bei seinem Austritt es überall vorfände, so wird auch unter dieser Voraussetzung die Bethheiligung des farblosen Secretes an dem Leuchtvorgange durch folgenden Versuch als ausgeschlossen zu betrachten sein. Ich reinigte die Thiere (*Pleuromma*) von allen löslichen Bestandtheilen des sie umgebenden Mediums dadurch, dass ich sie in mehrmals erneuertem verdünnten Glycerin abspülte; da das Leuchten auch an diesen Thieren auf Druck oder Erwärmung wiederum stets nur dicht vor der Mündung der Leuchtdrüsen entstand, und sich öfters der zuerst aufgetretene leuchtende Punkt zu einem regelmäßig kreisförmigen Lichthof erweiterte, so konnte diese Erscheinung nur auf die Mitwirkung eines überall gleichmäßig vorhandenen Factors, eben des umgebenden Wassers, nicht aber auf einen von vereinzelt Punkten zuffließenden Stoff zurückgeführt werden; besonders nicht, wenn solch ein Lichthof an den Drüsen am Hinterrande der Furca auftrat, deren Secret nur aus einer Richtung her mit dem der farblosen Drüsen in Berührung kommen konnte.

Die so aus Versuchen an den Centropagiden-Arten gewonnene Ansicht, dass das Secret der farblosen Hautdrüsen an dem Leuchtvorgang keinen Antheil hat, wird dadurch bestätigt, dass bei *Oncaea conifera* sämtliche Hautdrüsen, die sich an der Rücken- und den Seitenflächen des Vorderkörpers und am Abdomen finden, leuchtendes Secret absondern, und hier die zweite Gattung der nichtleuchtenden Hautdrüsen nur in den Füßen vorhanden ist, wo sie schon wegen ihrer Lage nicht gut bei dem Leuchtvorgang mitwirken können.

So komme ich zu dem Ergebnis, dass die beiden einzigen Factoren, durch deren Zusammenwirken das Leuchten bei den Copepoden entsteht, das Secret der Leucht-drüsen und das in dem umgebenden Medium enthaltene Wasser sind.

Ist nun der zwischen diesen beiden Factoren sich abspielende und von Leuchten begleitete Vorgang chemischer oder physikalischer Natur?

Je mehr ich durch meine Versuche die Mitwirkung des umgebenden Mediums auf das darin enthaltene Wasser beschränkt sah, um so wahrscheinlicher wurde mir die physikalische Natur des Leuchtvorgangs; da aber mein Bemühen, den einzigen zuweilen von Leuchten begleiteten physikalischen Process, an den man hier denken könnte, die Krystallbildung, an dem austretenden Leuchtsecret zu entdecken, ganz vergeblich war, so blieb doch nichts übrig, als einen chemischen Process anzunehmen. Enthält nun etwa das Leuchtsecret einen Stoff, der gleich dem Kalium das Wasser unter Lichtentwicklung zersetzt? oder soll man annehmen, dass in dem Leuchtsecret zwei Stoffe vorhanden sind, die erst durch den Contact mit Wasser fähig werden, auf einander unter Leuchten zu reagiren? — Die Beantwortung solcher Fragen muss ich Chemikern überlassen und mich damit begnügen, das Leuchten der Copepoden aus dem physiologischen in das rein chemische Gebiet verwiesen und die äußeren Bedingungen, unter denen es actuell wird, auf die Gegenwart von Wasser beschränkt zu haben.

### C. Allgemeine Betrachtungen über die Phosphorescenz der Thiere.

Bei den im vorigen Kapitel mitgetheilten Untersuchungen leitete mich die Absicht, zur Lösung hauptsächlich folgender Fragen Material zu liefern: Ist der Leuchtstoff lebendes Protoplasma oder ein totes Product desselben? Anders gesagt: ist das Leuchten des Leuchtstoffes ein physiologischer Vorgang gleichwie Contraction, Assimilation und andere Vorgänge, die ausschließlich an lebendem Protoplasma auftreten, oder steht das Leuchten in keinem directen Zusammenhang mit der Thätigkeit von lebender Materie, und ist nur die Begleiterscheinung eines rein chemischen oder physikalischen Processes, für dessen Zustandekommen zwar durch physiologische Vorgänge die Bedingungen geschaffen werden, der aber selber nicht physiologisch ist? Wenn diese Frage sich in dem letzteren

Sinne entscheidet, welches sind dann die Bedingungen, die den von Leuchten begleiteten chemischen oder physikalischen Process ermöglichen, d. h. durch welche physiologischen Vorgänge entsteht der Leuchtstoff und durch welche andere wird er in die für sein Aufleuchten erforderlichen Umstände versetzt? endlich, welcher Art ist der physikalische oder chemische Process selbst, der sich dem Auge durch Lichtentwicklung kundgibt?

In diesem Kapitel möchte ich nun die oben gewonnenen Ergebnisse zusammen mit denen früherer Bearbeiter des Gegenstandes<sup>1</sup> zur Erörterung der angeführten Fragen benutzen. Zur Beantwortung einer weiteren Frage, der nach dem Bau und der morphologischen Bedeutung der so mannigfaltig gebauten Leuchtorgane und ihrer Theile, schien mir bei Durchsicht der Literatur noch nicht genügendes Material vorzuliegen; denn so eingehend wir auch über diese Organe bei Insecten und Euphausiiden unterrichtet sind, so haben sie doch bei vielen anderen Leuchtthieren, besonders bei den marinen, einen mit hinlänglichen anatomischen und histologischen Kenntnissen ausgerüsteten Bearbeiter noch nicht gefunden.

Wenn man über einige Eigenschaften einer weit verbreiteten Erscheinung bei einer einzelnen Thiergruppe ins Klare gekommen zu sein glaubt, so ist man leicht versucht, die gewonnenen Ergebnisse für diese Erscheinung, wo immer sie auftritt, als giltig zu betrachten, wenigstens soweit die Ergebnisse wesentliche Punkte betreffen. Als ein wesentliches Merkmal des Leuchtens der Copepoden aber wird man es vor Allem ansehen dürfen, dass es keine directe Bethätigung lebenden Plasmas, sondern die Begleiterscheinung einer Veränderung an totem Secrete ist, und man wird daher ungern und nur gegenüber unwiderleglichen Gründen sich dazu verstehen, die Vorstellung von der Allgemeingiltigkeit dieses Merkmals aufzugeben. Indessen verringert sich in diesem Falle die Gefahr einer vor schnellen Verallgemeinerung dadurch, dass die Idee, das Leuchten der Thiere und Pflanzen sei eine vitale Manifestation ihres Plasmas, von hervorragenden Forschern vertreten wird und sich gegen vereinzelte Einwände bisher siegreich behauptet hat. So vergleicht KÖLLIKER, wie vor ihm EHRENBURG und QUATREFAGES (1843), das Leuchten mit der Bildung von Electricität in den electrischen Organen

---

<sup>1</sup> Literaturangaben findet man besonders in den weiter unten citirten Arbeiten von QUATREFAGES und PFLÜGER, dann bei R. DITTRICH, Über das Leuchten der Thiere. Gymnasial-Programm Breslau 1888.

der Fische; PFLÜGER, dem KRUKENBERG beipflichtet, spricht von leuchtender Respiration, und bei DUBOIS klingt CARUS' naturphilosophische Auffassung des Leuchtens nach, wenn er ausruft: »que ses rayons sont pour ainsi dire ceux de la vie elle-même«! — Wer also in dem Leuchten der Thiere nur einen »banalen« chemischen Process sehen und es, von einer anderen Seite betrachtet, etwa mit der Fähigkeit der Sepien, ihre Umgebung durch ausgespritzten Farbstoff zu verdunkeln, oder der Chingas, die Luft um sich her durch Stinkstoffe zu verpesten, auf die gleiche Stufe setzen will, der findet sich durch die gegentheilige Ansicht angesehener Forscher alsbald dazu genöthigt, die allgemeine Anwendbarkeit seiner leider etwas prosaischen Vorstellung vom Leuchten der Thiere vorsichtigst zu prüfen.

Die Frage nach der Vitalität des Leuchtvorganges (wenn der Ausdruck erlaubt ist), wird, soweit ich sehe, zum ersten Male von QUATREFAGES<sup>1</sup> gestellt und dahin beantwortet (pag. 250), dass es zwei Arten des Leuchtens gäbe, eine, bei der ein Leuchtstoff vom ganzen Körper oder von besonderen Organen secernirt und durch Verbrennung leuchtend werde, und eine zweite, bei der das Leuchten keine Verbrennung, sondern ein »acte vital« sei, unabhängig von irgend welcher »sécrétion matérielle«; erstere Art finde sich bei den Insecten, letztere bei Anneliden, Ophiuren, *Noctiluca*. Diese Unterscheidung ist insofern auffällig, als man erwarten sollte, dass den Zweifel an der Vitalität des Leuchtens zum ersten Male solche Thiere hätten erregen sollen, welche die Leuchtstoffe ausstoßen, also etwa die von QUATREFAGES selbst untersuchten Anneliden, nicht aber die Insecten, bei denen das Leuchten innerhalb des Körpers sich abspielt. QUATREFAGES begründete seine Unterscheidung nicht hinlänglich; er stützte sich hauptsächlich auf die Beobachtung, dass Insecten zum Leuchten Sauerstoff brauchen, *Noctiluca* aber nicht; so war es leicht, seine Ansicht mit dem Hinweis auf den vitalen Vorgang der Respiration zurückzuweisen.

Indessen, wenn auch nicht erwiesen, so war hier doch ein Unterschied aufgestellt worden, der von allen späteren Forschern Berücksichtigung verdient hätte: der Unterschied zwischen dem Leuchtstoff selbst und dem ihn produzierenden Plasma; es war in dem Leuchtvorgang ein physiologischer, die Production des Leuchtstoffes,

<sup>1</sup> A. DE QUATREFAGES, Mémoire sur la phosphorescence de quelques Invertébrés marins. in: Ann. Sc. N. (3) Tome 14 1850 pag. 236—281.

und ein chemischer Process, die Oxydation, unterschieden worden. Und so durfte KÖLLIKER<sup>1</sup> aus seiner Beobachtung, dass Nervenreize *Lampyrus* zum Leuchten veranlassen, nervenschädigende Mittel dasselbe aber herabsetzen oder unterdrücken, nicht einfach schließen: also sind »Leuchtorgane nervöse Apparate«, analog den electrischen Organen der Fische, sondern nur der Schluss wäre erlaubt gewesen, dass die Leuchtorgane und die Production von Leuchtstoff in ihnen unter dem Einfluss des Nervensystems stehen.

Die von QUATREFAGES angeregte Unterscheidung prüfte OWSJANNIKOW<sup>2</sup>, dessen Arbeiten mir leider nicht zugänglich sind, experimentell bei Leuchtkäfern, und da er fand, dass ihre vom Körper abgetrennten Leuchtorgane noch bis 78 Stunden hindurch fortleuchteten, und dass ihr Leuchten auch in starken Lösungen gewisser organischer Gifte noch 1½ Stunden lang so kräftig war, wie in indifferenten Flüssigkeiten, so schloss er, dass nicht lebendes Protoplasma leuchte, welches unter solchen Umständen sein Leben ja nicht bewahren könne, sondern ein von den Leuchtzellen produzierter toter Stoff: »sowie die Epithelzellen der Drüsen dieses oder jenes Secret produziren, so produziren diese Zellen eine leuchtende Substanz«.

Einen ähnlichen Schluss hätte PANCERI<sup>3</sup>, der eine Reihe mariner Leuchtthiere untersuchte, noch mit größerem Recht aus seinen Versuchen an *Pholas* und *Phyllirhoë* ziehen können; denn diese Thiere leuchteten, nachdem sie bis zu 10 Tagen trocken gelegen hatten, nach Wiederanfeuchtung. Aber PANCERI erörtert die Frage nicht, und es ist nicht klar, ob er die Fettbläschen, die er bei den meisten von ihm untersuchten Thieren vorfand, für secernirtes Fett oder für fetthaltige Zellen hält; immerhin erklärt er für *Phyllirhoë*, wo er den Leuchtstoff in Nervenzellen vorfand, dass derselbe nicht Nervenmasse, sondern dieser nur assoziiert sei.

Freilich sah PFLÜGER<sup>4</sup> in solchen und ähnlichen Experimenten,

<sup>1</sup> KÖLLIKER, Über die Leuchtorgane von *Lampyrus*. in: Verh. Physik. Med. Ges. Würzburg 8. Bd. 1858 pag. 217—224.

<sup>2</sup> PH. OWSJANNIKOW, Über das Leuchten der Larven von *Lampyrus noctiluca*. in.: Bull. Acad. Pétersbourg Tome 7 pag. 55—61. — Ein Beitrag zur Kenntnis der Leuchtorgane der *Lampyrus noctiluca*. in: Mém. Acad. Pétersbourg Tome 11 1867 No. 17.

<sup>3</sup> P. PANCERI, Études sur la phosphorescence des animaux marins. in: Ann. Sc. N. (5) Tome 16 1872 Art. No. 8 1 Taf.

<sup>4</sup> E. PFLÜGER, Beiträge zur Lehre von der Respiration. I. Über die physiologische Verbrennung in den lebendigen Organismen. §. 5. Die Phosphores-

aus welchen eine gewisse Unabhängigkeit des Leuchtens von dem Leben des leuchtenden Organismus und seiner Leuchtorgane hervorzugehen schien, keine Widerlegung seiner Ansicht, dass die Leuchtmaterie »lebendig und reizbar« sei. »Denn selbst ein ausgeschnittenes Herz schlägt lange weiter, und das abgeschnittene Bein eines Frosches behält sein Leben in kühler Temperatur für viele Tage. Ja, die lange sich erhaltende Reizbarkeit ausgeschnittener Stücke von Nerven, die nur Zellenfragmenten gleichwerthig sind, zeigt uns, dass auch Partikel von Zellen noch eine Zeitlang zu leben fortfahren, wenn sie auch die natürliche Verbindung mit dem zugehörigen Organismus aufgegeben haben« (pag. 285). Als positiven Beweis für die Richtigkeit seiner Ansicht führt PFLÜGER eine Menge Beobachtungen aus der Literatur an, aus welchen hervorgehe, dass die Leuchtmaterie reizbar sei, dass sie latente Reiz- und Erschöpfungs-Zustände zeige, dass sie vergiftbar und durch eiweißcoagulirende Agentien und hohe Temperaturen vernichtbar sei. »Da somit die Reizbarkeit bewiesen ist, so ist auch gezeigt, dass die leuchtende Substanz lebendige Materie ist. Denn die Reizbarkeit ist die erste und wichtigste Funktion der lebendigen Materie«. — Der Schluss wäre zwingend (wiewohl ihn RADZISZEWSKI nicht anerkennt), wäre nur der Vordersatz richtig. Aber Alles, was PFLÜGER anführt, beweist nur, dass die Leuchtthiere, wohl auch ihre Leuchtorgane, reizbar sind; aber nichts von Allem beweist auch nur im entferntesten, dass die Leuchtmaterie selbst reizbar ist — mit ebensoviel Recht könnte man aus der Reizbarkeit einer beliebigen Drüse schließen, dass ihr Secret lebendige Materie sei. Der Fehlschluss PFLÜGER's war die Folge der Nichtbeachtung der von QUATREFAGES angeregten, von OWSJANNIKOW bestimmter formulirten Unterscheidung zwischen Leuchtmaterie und dem sie hervorbringenden Plasma, und wohl auch die Folge des Wunsches, die Leuchtzellen unter den fortwährend in Brand stehenden thierischen Zellen als diejenigen auftreten zu lassen, bei denen dieser Brand durch Lichtentwicklung seine Existenz unmittelbar dem Auge demonstriert.

Wie PFLÜGER aus der vermeintlichen Reizbarkeit des Leuchtstoffes seine Lebendigkeit folgert, so hält auch PFEFFER<sup>1</sup> für die leuchtenden Pilze die »Production eines Stoffes, der mit Zutritt des Sauerstoffes

cenzen der lebendigen Organismen und ihre Bedeutung für die Principien der Respiration. in: Arch. Phys. Pflüger 10. Bd. 1875 pag. 275—300.

<sup>1</sup> W. PFEFFER, Pflanzenphysiologie. 2. Bd. Leipzig 1881 pag. 420 ff.

ohne weiteres Zuthun des lebendigen Organismus leuchtet«, darum für unwahrscheinlich, weil »mit Hemmungen oder Vernichtung der Lebendigkeit das Leuchten sofort sistirt wird«. — Nimmt man aber an, dass der Leuchtstoff sofort nach seiner Production verbraucht wird, oder dass er, wenn auch in einiger Menge vorrätzig, etwa durch Zeretzungsproducte der sterbenden Zellen seiner Leuchtfähigkeit alsbald beraubt wird, so gewinnt man einen Ausweg, auch bei solchen Organismen, deren Leuchten mit dem Leben definitiv erlischt, die unmittelbare Ursache des Leuchtens für unabhängig vom Leben des Organismus halten zu dürfen.

Von einer anderen Seite her suchte RADZISZEWSKI<sup>1</sup> dem Problem des thierischen Leuchtens beizukommen, nämlich nicht durch Untersuchung des Vorganges, wie er sich im Organismus wirklich abspielt, sondern indem er gewisse organische leuchtfähige Stoffe nachwies, die sich auch im Thierkörper finden und dort die pag. 685 erwähnten, für ihr Aufleuchten nöthigen Bedingungen antreffen könnten. Ein wenig eilig betrachtete RADZISZEWSKI »die Frage über die Ursachen und Bedingungen der Phosphorescenz nicht nur der organischen, sondern auch der organisirten Körper als eine Aufgabe, die mit Hilfe obiger Untersuchungen gelöst ist«, und er suchte PFLÜGER's auf die Reizbarkeit gestützten Beweis von der Lebendigkeit des Leuchtstoffes durch den Einwand zu entkräften, dass auch seine organischen Leuchtstoffe durch »Reize«, wie Stoßen und Schütteln, zum Leuchten angeregt würden und ebenfalls auch Erschöpfungszustände zeigten. — Es liegt indessen auf der Hand: RADZISZEWSKI hat nur die Möglichkeit, dass das thierische Leuchten ein rein chemischer Vorgang sei, erwiesen, und das war ein wichtiger Beitrag zur Lösung des Problems; aber zu untersuchen, ob es nun auch in Wirklichkeit solch ein Vorgang sei, und erst recht, ob derselbe gerade die von RADZISZEWSKI angegebenen besonderen Eigenschaften habe, das blieb noch immer eine Aufgabe.

Doch gab sein Nachweis, dass ein rein chemischer Leuchtprocess auch im Thierkörper möglich sei, der oben erwähnten Ansicht OWSJANNIKOW's eine willkommene Stütze und veranlasste WIELOWIEJSKI<sup>2</sup>, derselben beizupflichten. Er sagt mit Hinblick auf PFLÜGER's unbe-

<sup>1</sup> BR. RADZISZEWSKI, Über die Phosphorescenz der organischen und organisirten Körper. in: Liebig's Ann. Chemie 1880 32 pag.

<sup>2</sup> H. v. WIELOWIEJSKI, Studien über die Lampyriden. in: Zeit. Wiss. Z. 37. Bd. 1882 p. 354—428.

gründete Ansicht, dass die Leuchtmaterie selbst reizbar sei, aus den von diesem Forscher zusammengestellten Thatsachen sei vielmehr zu schließen, dass das »Protoplasma der Leuchtorgane nicht die Leuchtsubstanz selbst vorstellt, sondern dieselbe durch seine Lebensthätigkeit produziert, dass mit anderen Worten die Zellen der Leuchtorgane diese letztere unter der Kontrolle des Nervensystems und angeregt durch allerlei Reize nach Art der Drüsenzellen besitzen« (pag. 409).

Zurückhaltender spricht sich HEINEMANN<sup>1</sup> aus. »Ob allein der Athmungsprocess des lebenden, reizbaren Protoplasmas der Leuchtzellen das Leuchten verursache, oder ob es sich hier um eine besondere leuchtende Substanz handle«, hält er durch seine Untersuchungen an leuchtenden Elateriden nicht für entschieden, neigt aber der letzteren Ansicht zu, vergleicht die Thätigkeit der Leuchtzellen ebenfalls mit der von Drüsenzellen und bemerkt, das Studium ihrer Ontogenese könne sie vielleicht wirklich als solche erweisen.

PFLÜGER hatte vielleicht Recht, wenn er den Tod der von OWSJANNIKOW abgetrennten Leuchtorgane nach 78 Stunden nicht für erwiesen erachtete, und KRUKENBERG<sup>2</sup> mochte mit Grund daran zweifeln, ob ihr Leben durch anderthalbstündige Einwirkung einer Lösung von Strychnin etc. vernichtet sei. Somit wird man KRUKENBERG zugeben können, dass durch OWSJANNIKOW und WIELOWIEJSKI die Leblosgkeit der leuchtenden Substanz nicht zwingend dargethan war. Wie aber konnte KRUKENBERG den von WIELOWIEJSKI treffend beurtheilten und zurückgewiesenen Fehlschluss PFLÜGER's einfach wiederholen? wie durfte auch er wieder schließen: »das charakteristische Protoplasmagift Chinin« vernichtet das Leuchten, also ist die »Protoplasma-Theorie« die allein richtige? Er scheint in der That die nunmehr schon zum dritten Male geforderte Unterscheidung zwischen dem Leuchtstoff und dem sie hervorbringenden lebenden Plasma nicht verstanden zu haben. Auch seine anderen, einfachen und combinirten Vergiftungsversuche, durch die er das Leuchten von *Pteroides* verstärkte, hemmte, aufhob, wieder hervorrief, vernichtete, beweisen nicht im mindesten, dass diese Wirkungen auf den Leuchtstoff selbst ausgeübt wurden;

<sup>1</sup> CARL HEINEMANN, Zur Anatomie und Physiologie der Leuchtorgane mexikanischer Cucuyo's. in: Arch. Mikr. Anat. 27. Bd. 1886 pag. 296—382.

<sup>2</sup> C. FR. W. KRUKENBERG, Neue Thatsachen für eine vergleichende Physiologie der Phosphoreszenzerscheinungen bei Thieren und bei Pflanzen. in: Vergl. Phys. Studien 2. Reihe 4. Abtheil. 1887 pag. 77—142.

auch sie sind alle vereinbar mit der Ansicht, dass diesen Wirkungen lediglich das Zellplasma unterlag, welches den Leuchtstoff hervorbringt oder ihm die Bedingungen zum Aufleuchten verschafft.

Die Frage nach der »Vitalität« des Leuchtens gehört ja ins Gebiet der Physiologie, und da sie von Physiologen bejaht worden war, so ist es erklärlich, wenn seither der Widerspruch der Morphologen gegen diese Antwort verstummte, um so mehr als ein Physiologe, DUBOIS, dessen Arbeiten auch eine eingehende Beschäftigung mit morphologischen Dingen zu bekunden schienen, sich seit der Mitte des vorigen Jahrzehntes dauernd einem umfassenden Studium des thierischen Leuchtens widmete. Wer nun aber die Ergebnisse dieser zehnjährigen, an einer Reihe von Leuchtthieren angestellten Untersuchungen angeben wollte, würde in einige Verlegenheit kommen. Denn DUBOIS hat während derselben seine Anschauung vom Leuchten oft modificirt, und mir will nicht scheinen, dass alle die Wandlungen und Irrungen in seinen Ansichten, denen er jedesmal literarische Denksteine setzen zu müssen glaubte, in seiner Arbeit über *Pholas* eine verständliche Lösung und einen befriedigenden Abschluss gefunden haben. Ich will die kleineren Arbeiten mit ihren Sphärokrystallen und Vacuoliden, Luciferin und Luciferase, Bacterien und Wanderzellen, Histolyse und Symbiose und Anderem mehr, was DUBOIS mit dem Leuchten bald in, bald außer Verbindung brachte, hier beiseite lassen und nur seine beiden größeren Arbeiten über die Elateriden<sup>1</sup> und über *Pholas*<sup>2</sup>, dann noch einen späteren Aufsatz über die Geophilide *Orya*<sup>3</sup> soweit anziehen, wie sie die oben angeführten Fragen betreffen.

Wie in der ersten Arbeit über die Elateriden, so kommt DUBOIS auch in derjenigen über *Pholas* zu dem Ergebnis, dass das Zellplasma, welches den Leuchtstoff hervorbringt, von diesem unterschieden werden müsse, dass dieser seine Leuchtfähigkeit unabhängig von dem Leben der Zelle bewahre. Die Beweiskraft seiner Experimente für diese Ansicht steht außer Zweifel; Exemplare von *Pholas*, die er zwei Monate hindurch ausgetrocknet und dann während einer

<sup>1</sup> R. DUBOIS, Contribution à l'étude de la production de la lumière par les êtres vivants. Les Elatérides lumineux. in: Bull. Soc. Z. France. 11. Année 1886 pag. 1—275 Taf. 1—9.

<sup>2</sup> R. DUBOIS, Anatomie et physiologie comparées de la Pholade dactyle. in: Ann. Univ. Lyon Tome 2 1892 167 pag. 15 Taf.

<sup>3</sup> R. DUBOIS, Sur le mécanisme de la production de la lumière chez *Orya barbarica* d'Algérie. in: Compt. Rend. Tome 117 1893 pag. 184—186.

Viertelstunde einer Temperatur von 120° C. in trockener Luft ausgesetzt hatte, leuchteten bei Anfeuchtung; ja Siphonenstücke, die er mit Hilfe von pulverisirter Kreide getrocknet, mit Äther und Alkohol ausgelaugt, dann wieder getrocknet hatte, machten das Wasser, worin er sie legte, für längere Zeit leuchtend.

Wer würde wohl Bedenken tragen, aus diesen Experimenten die Leblosigkeit des Leuchtstoffes, den rein chemischen oder physikalischen Charakter seines Aufleuchtens zu folgern? Wer möchte diese Folgerung nicht für ganz selbstverständlich halten, gleichviel welches die ferneren Bedingungen seien, welche das Leuchten jenes Aufgusses verstärken, abschwächen, vernichten? Aber vielleicht war gerade die Selbstverständlichkeit der Folgerung für DUBOIS der Grund, sie nicht zu ziehen.

Während DUBOIS in seiner Elateriden-Arbeit in der That das Leuchten als einen physico-chemischen Vorgang ansprach, so sind gerade seine Experimente an *Pholas* für ihn der Anlass, den Vorgang nun wieder als physiologisch, als vital aufzufassen. Denn das auf die angegebene Art aus *Pholas* gewonnene leuchtende Wasser enthält, auch nachdem es ohne Einbuße seiner Leuchtfähigkeit durch ein Thonfilter gegangen, Tröpfchen, von denen das Leuchten ausgeht, und deren Leuchtfähigkeit nunmehr durch allerlei Ursachen zu hemmen und zu zerstören ist, welche auch die Activität von Protoplasma hemmen und zerstören. Daher sind für DUBOIS diese Leuchttröpfchen (Vacuoliden) lebendes Protoplasma, ihr Aufleuchten ist ein vitaler Vorgang, und zwar, da sie Sauerstoff dazu nöthig haben, eine Respiration. Aber das Aufleuchten ist gleichsam ihr letzter Athemzug: »l'oxygène«, sagt DUBOIS in dem Aufsatz über *Oryza*, »permet la respiration des corpuscules protoplasmiques passant de l'état colloïdal à l'état cristalloïdal, c'est-à-dire de la vie à la mort«!

Als DUBOIS die aus *Pholas* gewonnene leuchtende Emulsion verschiedenen chemischen und physikalischen Reactionen unterwarf und fand, dass deren Wirkung auf das Leuchten der Leuchttröpfchen mit derjenigen auf die Activität von lebendem Protoplasma identisch sei, da hatte er offenbar vergessen, dass er den Leuchtstoff in den Geweben vorher auf 120° C. erhitzt und radikal entwässert hatte; da nun der Leuchtstoff bei solcher Behandlung seine Leuchtkraft beibehält, jedes Protoplasma aber seine Activität dabei unwiederbringlich verliert, so kann schon darum nicht von einer Identität zwischen Leuchtstoff und Protoplasma im Verhalten gegen Reagentien die Rede sein. Nicht bloß die früheren Bemühungen, das Leuchten als unmittelbar gebunden an das Leben von Nerven- oder Respirations-

zellen aufzufassen, sind (außer durch einige ältere Versuche) durch DUBOIS' Experimente als endgiltig beseitigt zu betrachten, sondern auch aus ihrem letzten Schlupfwinkel, den Vacuoliden, wird die Vitalität des Leuchtprocesses gerade durch sie vertrieben.

Man wird somit der Ansicht DUBOIS', dass der Leuchtstoff lebendes Protoplasma sei, und seine Fähigkeit zu leuchten in die nämliche Kategorie von Fähigkeiten gehöre, wie das Vermögen des lebenden Protoplasmas, sich zu contrahiren, zu assimiliren, sich zu theilen, eben so wenig zustimmen können, wie man ihm beipflichten wird, wenn er, einer modernen, von E. DU BOIS-REYMOND<sup>1</sup> als Neo-Vitalismus gekennzeichneten Strömung folgend, auf Grund der augenblicklichen Unmöglichkeit, die Lichtproduction der Organismen durch eine chemische Formel zu veranschaulichen, die abgethane Meinung sich zu eigen macht, »qu'il existe une mécanique spéciale aux êtres vivants, qu'il ne faut pas confondre avec la mécanique chimique ou physique des corps bruts«, und wenn er weiter der physiologischen Chemie und der biologischen Physik die Existenzberechtigung abspricht. — Im Gegentheil, da RADZISZEWSKI von Leuchten begleitete und durch chemische Formeln ausdrückbare Vorgänge, die sich sehr wohl in Organismen abspielen könnten, aufgedeckt hat, so ist nicht daran zu zweifeln, dass man die Formeln auch für die im Organismus thatsächlich ablaufenden Leuchtprocesse aufstellen wird, und so dürfte auch PFLÜGER's Zurückführung des thierischen Leuchtens auf eine Entladung condensirten Lichtäthers, welche er in einer anderen Arbeit<sup>2</sup> über den Gegenstand versucht, nicht bloß, wie der Autor will, als unsichere These, sondern kaum als Hypothese zu bezeichnen sein. —

Wenn man in den Copepoden farblose und grügelbe, nicht-leuchtende und leuchtfähige Hautdrüsen neben einander sieht, wenn ihre Vergleichung zeigt, dass sie sich in nichts unterscheiden als in der Farbe des in ihnen aufgespeicherten Secretes, so muss wohl jeder Zweifel daran schwinden, dass beide Drüsenarten homologe Organe sind: wie ihre farblosen Drüsen lediglich dazu bestimmt sind, Stoffwechselfproducte aus dem Körper zu schaffen, so haben auch ihre Leuchtdrüsen diese Funktion, nur dass ihr Secret auf

<sup>1</sup> E. DU BOIS-REYMOND, Über Neo-Vitalismus. in: Sitz. Ber. Akad. Berlin 1894 pag. 623—641.

<sup>2</sup> E. PFLÜGER, Über die Phosphorescenz verwesender Organismen. in: Arch. Phys. Pflüger 11. Bd. 1875 p. 222—263.

dem Wege, auf dem überhaupt vortheilhafte Eigenschaften erworben werden, die Beigabe eines Stoffes erlangt hat, der beim Contact mit Wasser leuchtend wird. Bei den Copepoden demonstrirt also schon eine einfache mikroskopische Beobachtung die Unmöglichkeit, das Leuchten als die Begleiterscheinung eines in lebender Materie ablaufenden Vorganges aufzufassen, und dieselbe Unmöglichkeit ließ sich, wie wir sahen, für *Pholas*, *Phyllirhoë* und wohl auch für *Lampyrus* aus den Versuchen von PANCERI, DUBOIS und OWSJANNIKOW mit Sicherheit erschließen. Und auch bei den Thieren, nach deren Tode die Leuchtfähigkeit alsbald aufhört, wird der Leuchtstoff darum noch nicht für lebende Materie zu halten sein; sondern man darf bei ihnen den schnelleren Verlust der Leuchtfähigkeit auf das Aufhören der Production des im Leben sogleich verbrauchten Leuchtstoffes oder auf eine leichtere Zersetzbarkeit desselben zurückführen. Zeigen doch z. B. *Pholas* und die Copepoden einen starken Unterschied in der Beständigkeit ihres Leuchtstoffes: bei *Pholas* dauert, selbst wenn er in fein vertheiltem Zustande im Wasser suspendirt ist, sein Leuchten stundenlang, während ein Leuchttropfen der Copepoden, der jedenfalls größere Dimensionen als jene suspendirten Partikel hat, fast momentan vom Wasser unter Leuchten zersetzt wird.

Sind wir demnach nicht bloß in den nachgewiesenen Fällen, sondern allgemein zu der Anschauung berechtigt, dass der Vorgang, den das Leuchten der Thiere begleitet, an totem Product lebender Zellen abläuft, so zerfällt die weitere Untersuchung des Leuchtvorganges in zwei Abschnitte, in einen physiologischen und in einen chemischen oder physikalischen; jener hätte die Bildung des leuchtfähigen Stoffes und die Wege, die ihn seiner Bestimmung entgegenführen, zu behandeln, dieser sich mit der Analyse des Leuchtprocesses selbst zu beschäftigen.

Für das Verständnis des physiologischen Theiles des Leuchtvorganges haben die citirten und andere Untersuchungen schon eine Anzahl von Daten zu Tage gefördert, durch deren Combination man eine Reihe von möglichen Erscheinungsformen des Leuchtens construiren könnte: die Verschiedenartigkeit im Verhalten der Leuchtorgane gegen Reize, dann die mannigfaltigen Eigenthümlichkeiten im Bau der Leuchtzellen, ihre Anordnung zu Leuchtorganen und ihre Beziehungen zu anderen Organen, woraus weiter sich nicht minder mannigfaltige Modi ergeben, nach welchen der Leuchtstoff in feinerer oder gröberer Vertheilung, kleineren oder größeren Portionen in die zu seinem Aufleuchten nöthigen Bedingungen versetzt wird, sei es dass

er sie in statu nascendi vorfindet, oder dass er zunächst aufgespeichert wird, sei es dass er außerhalb oder innerhalb der Leuchtzellen und des Thierkörpers mit ihnen in Berührung kommt, sei es dass er selbst verlagert wird oder dass ihm jene Bedingungen zugeführt werden. Leider aber sind wenige Leuchtthiere soweit untersucht, dass man eine einigermaßen sichere und vollständige Darstellung der Physiologie ihres Leuchtens geben könnte, und es wäre eine interessante Aufgabe für die vergleichende Physiologie, durch Beobachtung und Experiment nachzuweisen, wie die genannten und andere Umstände bei den einzelnen Leuchtthieren combinirt sind, und wie durch ihre Combination jede besondere Form des Leuchtens bedingt ist. Hier sei nur auf einige Beobachtungen hingewiesen, welche die physiologischen Vorgänge beim Leuchten einiger Thiere dem Verständnis näher bringen können.

Nicht überall ist der Mechanismus des Leuchtens so durchsichtig wie bei den Copepoden, wo der von den Leuchtdrüsen secernirte Leuchtstoff zunächst in Form von Tropfen aufgespeichert wird, und äußere Reize ihn dadurch zum Leuchten bringen, dass sie Muskelcontractionen veranlassen, durch welche er aus den Drüsen ausgepresst wird. Ähnlich verläuft das Leuchten nach G. W. MÜLLER<sup>1</sup> bei Ostracoden, deren Leuchtdrüsen allerdings noch nicht durch Beobachtung festgestellt sind, ferner bei Geophiliden, Anneliden, *Pholas*; jedoch zeigt sich hier eine nicht so prompte Abhängigkeit der Erscheinung von Reizen wie bei den Copepoden, sondern das Leuchten dauert auch nach Aufhören des Reizes noch fort, entweder weil derselbe länger nachwirkt, oder weil die Vorrichtungen, die den Austritt des Leuchtstoffes hemmen, minder gut funktioniren, oder weil er mit Schleim vermischt oder an andere Stoffe gebunden entleert wird, die den von Leuchten begleiteten Process verlangsamten. Vielleicht handelt es sich bei den letztgenannten Thieren und auch bei Medusen nicht sowohl um sich entleerende Drüsen, als vielmehr um Epithelzellen, die abgestoßen werden und berstend ihren Leuchtstoff entleeren; wenigstens bemerkt PANCERI, dass die Epithelzellen, die den Leuchtstoff enthalten, bei *Pholas* leicht platzen.

Solche Thiere, die den Leuchtstoff entleeren, und am klarsten unter ihnen bisher die Copepoden, beweisen also, wie die Abhängigkeit des Leuchtens von Reizen mit der Nicht-Reizbarkeit, der Leblösig-

---

<sup>1</sup> G. W. MÜLLER, Neue Cypridiniden. in: Z. Jahrb. Abth. Syst. 5. Bd. 1890 pag. 211—252 Taf. 25—27.

keit des Leuchtstoffes verträglich ist, und zeigen zugleich, dass man zwischen Agentien, die das Thier zum Leuchten veranlassen, und solchen, die den Leuchtstoff ins Leuchten bringen, wohl zu unterscheiden hat (vgl. oben pag. 663).

Auch über die meistens schwieriger zu ermittelnden physiologischen Vorgänge bei derjenigen Art des Leuchtens, die innerhalb der Leuchtzellen verläuft, liegen einige Beobachtungen vor.

*Noctiluca* antwortet auf eine große Zahl verschiedenartiger Reize durch Aufleuchten, und QUATREFAGES (citirt oben pag. 670) beobachtete, dass das Protoplasma sich dabei contrahirte, dass seine Stränge und Fäden hierdurch öfters rissen und dass gerade an den Rissstellen das Leuchten am lebhaftesten war; er sah weiter bei Anwendung stärkerer Vergrößerung, dass an Stelle des zuerst diffus aussehenden Leuchtens in jedem Thiere eine Menge von einzelnen Lichtfünkehen erschienen, ähnlich wie die Nebelflecke sich durch das Teleskop in unzählige Einzelsterne auflösen lassen, und dass die zahlreichsten Lichtfunken an jenen Rissstellen auftraten. Erklären sich diese Beobachtungen nicht vollkommen durch die Annahme, dass in den Plasmasträngen von *Noctiluca* der Leuchtstoff in Form feiner Partikel ausgeschieden und vorrätig gehalten wird, dass ihm aber die Bedingungen zum Aufleuchten in denselben noch nicht geboten werden (eben so wenig wie innerhalb der Leuchtdrüsen der Copepoden), sondern dass er dieselben erst vorfindet, wenn die Stränge zerreißen und der Leuchtstoff dadurch mit der zwischen den Strängen befindlichen Flüssigkeit in Contact kommt? Ja, wie der Leuchtstoff der Copepoden zum Aufleuchten eines gewissen Minimums der Concentration der auf ihn wirkenden Salzlösungen bedarf (s. pag. 665), so könnte man weiter annehmen, dass auch bei *Noctiluca* dies Minimum erst in den Räumen zwischen den Strängen vorhanden sei.

Dass auch bei Leuchtkäfern der Leuchtstoff in Form feiner Partikel ausgeschieden wird, geht aus MAX SCHULTZE's<sup>1</sup> Beobachtungen an *Lampyrus* hervor, und dass er auch hier von der Entstehungsstelle erst fortgeschafft werden muss, um aufzuleuchten, aus denen von EMERY<sup>2</sup> an *Luciola*. »Die leuchtende Verbrennung«, sagt EMERY, »findet an der Oberfläche der Parenchymzellen statt, aber außerhalb

<sup>1</sup> MAX SCHULTZE, Zur Kenntnis der Leuchtorgane von *Lampyrus splendidula*. in: Arch. Mikr. Anat. 1. Bd. 1865 pag. 124—137 Taf. 5, 6.

<sup>2</sup> C. EMERY, Untersuchung über *Luciola italica* L. in: Zeit. Wiss. Z. 40. Bd. 1884 pag. 338—355 Taf. 19.

ihrer Substanz selbst. Die Parenchymzellen sondern wahrscheinlich den Leuchtstoff ab; dieser wird von den Tracheenendzellen aufgenommen und, mittels des in den Tracheencapillaren vorhandenen Sauerstoffes, verbrannt.«

So zeigt die Entstehung des Leuchtstoffes und seine Versetzung in die Leuchtbedingungen bei *Noctiluca* und Käfern einige Ähnlichkeit mit der bei Copepoden, allerdings neben beträchtlichen Unterschieden. Ganz verschieden sind aber allem Anscheine nach diese Vorgänge bei Euphausiiden, bei welchen nach CHUN<sup>1</sup> der Leuchtstoff einen eigenthümlich geformten, in der Mitte des complicirten Leuchtorgans gelegenen Körper, den sogen. Streifenkörper, bildet; vielleicht liegt hier der Fall vor, dass der Leuchtstoff selbst an seinem Orte bleibt, und ihm die Bedingungen für das Aufleuchten, etwa durch das Blut, zugeführt werden<sup>2</sup>.

Eine weitere physiologische Frage, die der experimentellen Behandlung noch harrt, ist die, wie Reize, die Leuchten hervorrufen, auf die Leuchtthiere und ihre Leuchtorgane wirken, ob sie die Production von Leuchtstoff anregen oder ob sie nur die Vorgänge veranlassen, durch welche der auch ohne Reize sich bildende Leuchtstoff zum Aufleuchten gebracht wird. Es mag nun wohl Mittel geben, durch welche man das Leuchtplasma zu kräftigerer Production anregen kann; aber ich halte es für wahrscheinlich, dass nicht bloß bei Copepoden die Production von Leuchtstoff im normalen Zustande ohne besondere Reize continuirlich vor sich geht (bei manchen Organismen allerdings auf gewisse Perioden des Lebens und der Entwicklung beschränkt), und dass ihre Menge außer durch Ernährungsverhältnisse etwa noch durch das Maaß der Inanspruchnahme des Leuchtstoffes beeinflusst werden kann — es sei denn, dass sich Leuchtthiere finden sollten, bei denen das Aufleuchten des Leuchtstoffes *in statu nascendi* zugleich mit einer directen Abhängigkeit des Leuchtens von Reizen sich constatiren ließe, was HEINEMANN (citirt oben pag. 674, vgl. pag. 380)

<sup>1</sup> C. CHUN, Leuchtorgan und Facettenauge. Ein Beitrag zur Theorie des Sehens in großen Meerestiefen. in: Biol. Centralbl. 13. Bd. 1893 pag. 544—571 8 Fig.

<sup>2</sup> Einige Ähnlichkeit mit denen der Euphausiiden scheint der Bau der Leuchtorgane von Cephalopoden zu haben. Vgl. L. JOUBIN, Recherches sur l'appareil lumineux d'un Céphalopode, *Histioteuthis riippellii* (Vérany). Rennes 1893 32 pag. 10 Fig. und: Note complémentaire [etc.]. in: Bull. Soc. Sc. Méd. Ouest Rennes Tome 2 1893 9 pag.

allerdings für *Pyrophorus* annimmt. Auch WIELOWIEJSKI hält es für ausgeschlossen (citirt oben pag. 673, vgl. pag. 413), »dass das Nervensystem auf die rein chemischen Prozesse (Oxydation) oder die physikalischen (Bewegung der Gase im Leuchtgewebe)« einen directen Einfluss übe. Aber warum sollte man nicht einen unter dem Einfluss des Nervensystems stehenden Vorgang im Plasma der Leuchtzellen auch bei Insecten annehmen, durch welchen; ähnlich wie bei *Noctiluca*, der vorrätige Leuchtstoff mechanisch verschoben wird? Was einen derartigen Vorgang und nicht die Production von Leuchtstoff als von Reizen abhängig erscheinen lässt, ist das Fortleuchten der Zellen post mortem. Dass, wie im Leben der Nerveneinfluss, nach dem Tode Zersetzungs Vorgänge die Verschiebungen im Plasma der Zellen hervorrufen, durch welche der vorhandene Leuchtstoff in die Bedingungen des Aufleuchtens versetzt wird, ist mir wenigstens wahrscheinlicher, als dass, wie WIELOWIEJSKI will, beim Herauspräpariren der Leuchtzellen der sehr energische Reiz eine reichliche Production von Leuchtstoff anrege, die dann längere Zeit vorhalte.

Es bleibt nun noch der chemisch-physikalische Theil des Leuchtens zu erörtern, d. h. denjenigen Process, von dem die Lichtentwicklung direct ausgeht. Befriedigende Aufklärung über denselben dürfte erst dann zu erwarten sein, wenn es gelänge, den Leuchtstoff rein aus den Leuchtthieren zu gewinnen. Denn dass dies DUBOIS gelungen sei, dass die von ihm aus getrockneten *Pholas* dargestellte leuchtende Emulsion außer Wasser nur noch den Leuchtstoff enthalten habe, ist eben so unbewiesen, wie seine Behauptung, dass *Orya* ihren Leuchtstoff »à l'état de pureté« secernire. Da vielmehr die Möglichkeit keineswegs ausgeschlossen ist, dass der Leuchtstoff nicht mit den Vacuoliden in jener Emulsion identisch, sondern nur in ihrer Masse gelöst oder sonstwie an sie gebunden war, so ist es auch nicht ausgeschlossen, dass die Unterdrückung des Leuchtens bei gewissen von DUBOIS ausgeführten Reactionen in der Wirkung auf die Materie der Vacuoliden ihren Grund hatte und dass diese Wirkung nur secundär das Leuchten unterdrückte, indem sie z. B. dem auch nach DUBOIS für das Aufleuchten nöthigen Wasser den Zugang zu dem in den Vacuoliden vorhandenen Leuchtstoff versperre. Auch bei Copepoden könnte man ja Leuchtsecret und Leuchtstoff für identisch halten, besonders da dasselbe während des Leuchtens sehr schnell und, wie es scheint, ohne Zurücklassung eines geformten Restes verzehrt wird. Aber auch bei ihnen kann das eigentliche Leuchtelement ein

im Secrete gelöstes Leuchtpigment sein, das bei den Centropagiden ganz dieselbe Farbe haben würde, wie nach HEINEMANN bei *Pyrophorus*.

Wenn demnach nun auch der chemische Charakter des Leuchtstoffes noch völlig unbekannt ist, so liegen doch einige Angaben über den Process vor, den das Leuchten begleitet, und über die äußeren Bedingungen, unter denen er zu Stande kommt.

Soweit ich sehe, ist DUBOIS der einzige, der einen physikalischen Process, den der Krystallbildung, mit dem Leuchten in directe Verbindung bringt, und bei *Pholas*, besonders aber bei *Orya*, beschreibt er den Vorgang derart, dass an dem Auftreten von Krystallen nicht wohl ein Zweifel bestehen kann. Sauerstoff und Wasser sind dabei nöthig: »l'oxygène sert à produire la substance cristallisable, avec le concours de l'eau, et l'eau permet la cristallisation photogène.« Es ist nun denkbar, dass mehrere der physico-chemischen Vorgänge, die von Leuchten begleitet sind, auch bei Organismen das Leuchten bedingen, und da das Auskrystallisiren mancher Salze von Phosphorescenz begleitet ist, so könnte eine ähnliche Ursache auch bei Thieren vorliegen. Da aber bisher von keinem anderen Beobachter eine von Leuchten begleitete Krystallbildung bei Leuchtthieren gesehen wurde, und da ich selbst bei Copepoden vergeblich danach suchte, so halte ich auch für *Pholas* und *Orya* eine Nachuntersuchung für nöthig, um festzustellen, ob die Krystalle, die bei *Orya* massenhaft auftreten, nicht etwa secundär nach Ablauf des Leuchtens bei Verdunstung des Secretes entstehen. Ist doch auch bei Insecten das Auftreten von Krystallen in den Leuchtorganen nicht nur nicht als Ursache, sondern nicht einmal als Folge des Leuchtprocesses erkannt worden<sup>1</sup>.

Unter den chemischen Processen ist es natürlich vor allem der der Verbrennung, in dem man die Grundlage des thierischen Leuchtens vermuthete, und die Experimentatoren legten daher hauptsächlich auf den Nachweis Gewicht, dass für das Zustandekommen der Erscheinung die Gegenwart von freiem Sauerstoff nothwendig sei; zuweilen suchten sie auch festzustellen, ob beim Leuchten Wärme entbunden würde, letzteres, wie ich gleich bemerke, ohne positiven Erfolg.

Obwohl nun schon frühe für die Insecten ein Oxydationsprocess

<sup>1</sup> H. VON WIELOWIEJSKI, Beiträge zur Kenntnis der Leuchtorgane der Insecten. in: Z. Anzeiger 12. Jahrg. 1889 pag. 594—600.

angenommen wurde, speciell der von vornherein unwahrscheinliche einer Verbrennung von Phosphor oder einer Phosphorverbindung, so zweifelte doch schon QUATREFAGES (citirt oben pag. 670, vgl. pag. 242) daran, dass dies die allgemeine Ursache des thierischen Leuchtens sei, und vermuthete, nur bei Luftthieren werde ein Leuchtstoff verbrannt. Zu dieser plausibeln Unterscheidung zweier, bei Luft- und Wasserthieren verschiedenartiger Leuchtprocesse wurde QUATREFAGES durch Experimente an *Noctiluca* veranlasst. Denn in einer centimeterdicken Schicht von diesen Thieren, die sich an der Wasseroberfläche angesammelt hatte, sah er die untersten so gut leuchten wie die obersten, und unter Wasserstoff oder Kohlensäure leuchteten sie nicht minder als unter atmosphärischer Luft oder reinem Sauerstoff. Indessen mag sich aus diesen Experimenten wohl kaum mit Sicherheit der Schluss ziehen lassen, dass das Leuchten von *Noctiluca* keine Oxydation sei, und selbst VIGNAL's<sup>1</sup> Experiment an demselben Thiere, demzufolge es auch unter ausgekochtem Seewasser leuchtete, erlaubt noch den Einwand, dass in den Thieren selbst eine für die Oxydation genügende Menge freien Sauerstoffes vorhanden gewesen sei. Noch weniger bewiesen ist die Ansicht PANCERI's (citirt oben pag. 671), der bei fast allen von ihm untersuchten marinen Thieren eine leuchtende Verbrennung von Fett annahm, und dessen keineswegs tadellosen Versuche die Gegenwart von freiem Sauerstoff für *Pholas* als nothwendig, für *Pelagia* als gleichgültig ergaben. Weitere derartige Experimente sind, schon unter dem Einfluss der Hypothese RADZISZEWSKI's, aber mehr unter Voraussetzung ihrer Richtigkeit als zu ihrer Controlle (die im Nachweis aller drei, nicht bloß einer oder zwei der von RADZISZEWSKI geforderten Bedingungen hätte bestehen müssen) von BRANDT<sup>2</sup> an Sphaerozoöen, von PLATE<sup>3</sup> an *Noctiluca* angestellt worden; aber in beiden Fällen blieb das Ergebnis, dass freier Sauerstoff nöthig sei, doch ganz hypothetisch. Auch DUBOIS, der für die Elateriden den Sauerstoff für überflüssig erklärt hatte und diese Ansicht durch den Mangel von

<sup>1</sup> W. VIGNAL, Recherches histologiques et physiologiques sur les Noctiluques. in: Arch. Phys. Norm. Path. Paris (2) Tome 5 1878 pag. 415—454 Taf. 18, 19. Die Arbeit war mir nicht zugänglich; ich citire nach: O. BÜTSCHLI, Protozoa. in: BRONN's Klassen und Ordnungen 1. Bd. 2. Abth. 1883—1887 p. 1039, 1093.

<sup>2</sup> K. BRANDT, Die koloniebildenden Radiolarien (Sphärozoöen) des Golfes v. Neapel. in: Fauna Flora Golf. Neapel 13. Monographie 1885 [pag. 136—139].

<sup>3</sup> L. H. PLATE, Protozoenstudien. in: Z. Jahrb. Morph. Abth. 3. Bd. 1888 pag. 135—200 3 Taf.

Tracheen bei einer leuchtenden *Lipura* bestätigt fand<sup>1</sup>, stellt für *Pholas* als Bedingung für das Zustandekommen des Leuchtens außer der Gegenwart von Wasser und seiner leicht alkalischen Reaction auch die Gegenwart von freiem Sauerstoff auf, wiewohl er fand, dass das Leuchten der oben erwähnten Emulsion in sauerstoffhaltigem Wasser nicht verstärkt wurde und bei Gegenwart von energisch oxydirenden Reagentien unmittelbar und definitiv erlosch!

Einen bestimmteren Inhalt erhielt die Oxydations-Hypothese durch RADZISZEWSKI. Er fand, dass gewisse organische Stoffe bei 10° C. und auch schon bei geringeren Temperaturen leuchten, wenn sie in alkalischer Reaction unter der langsamen Einwirkung von freiem (activem) Sauerstoff stehen; solche Stoffe sind Lophin und Verwandte, ferner Terpentinöl, ätherische Öle und die einige Zeit der Luft und Sonne ausgesetzten aromatischen Kohlenwasserstoffe (Xylol, Benzol etc.), dann Ölsäure und deren Seifen, fette Öle (Olivenöl, Leberthran etc.), die Alkohole von Amylalkohol aufwärts, endlich noch einige andere Verbindungen von nicht genügend bekannter Zusammensetzung. Dass derselbe Oxydationsprocess auch in leuchtenden Organismen vor sich gehe, fand RADZISZEWSKI dadurch bewiesen, dass die Qualität des Lichtes in beiden Fällen dieselbe sei, und dass in den Organismen sowohl viele von jenen Leuchtstoffen, wie auch organische Basen (Cholin, Neurin etc.) vorkämen, die die Alkalien ersetzen könnten; schon eine äußerst geringe Quantität von Leuchtstoff wie von Sauerstoff genüge, um ein kräftiges und anhaltendes Leuchten zu ermöglichen.

Wir sahen bereits, dass weder die Nothwendigkeit der Gegenwart von freiem Sauerstoff, noch gar die übrigen der von RADZISZEWSKI geforderten drei Bedingungen (Gegenwart eines der genannten oder verwandter Leuchtstoffe, alkalische Reaction derselben und freier Sauerstoff) für irgend ein leuchtendes Wasserthier mit Sicherheit nachgewiesen sind, und ich denke aus den oben (pag. 663 ff.) angeführten Versuchen an Copepoden den Schluss ziehen zu dürfen, dass es leuchtende Wasserthiere giebt, bei denen das Leuchten ohne freien Sauerstoff und bei saurerer Reaction des Mediums zu Stande kommt. Oder ist die Mitwirkung von freiem Sauerstoff auch dann noch anzunehmen, wenn Thiere, die man mit concentrirtem

---

<sup>1</sup> R. DUBOIS, De la fonction photogénique chez les Podures. in: C. R. Soc. Biol. Paris (8) Tome 3 1886 pag. 600—603.

Glycerin entwässert oder tagelang dem Austrocknen unterworfen hat, unter ausgekochtem Wasser leuchten?

Aber auch für Landthiere trifft RADZISZEWSKI's Hypothese nicht zu, schon deshalb nicht, weil ihre zerdrückten Leuchtzellen (Insecten) oder ihr Leuchtsecret (Myriopoden) eine entschieden saure Reaction zeigt. Zudem ist auch für sie bisher nicht nachgewiesen, wie WIELOWIEJSKI (citirt oben 683, vgl. pag. 600) richtig bemerkt, dass der Sauerstoff bei ihrem Leuchten eine directe Rolle spiele. Für die Insecten nahm man dies hauptsächlich darum an, weil ihre Leuchtorgane sehr reichlich mit Tracheen versorgt sind, und weil MAX SCHULZE gezeigt hatte, dass die Leuchtzellen Osmiumsäure besonders kräftig reduciren und dass das Leuchten in den Tracheenendzellen seinen Sitz hat, und für das Secret von *Orya* behauptet DUBOIS, dass es nur in Berührung mit der Luft leuchte; aber auch hier fehlen überzeugende Experimente. Bei denselben würde es sich nicht sowohl darum handeln, ob das Leuchten der lebenden Thiere durch Entziehung von Sauerstoff beeinträchtigt wird, als vielmehr um rein chemische, nicht von physiologischen Factoren beeinflusste Versuche.

Es ist also nirgends nachgewiesen, dass es ein Oxydationsprocess ist, den das Leuchten begleitet; es ist aber auch nicht widerlegt; denn auch wo das Leuchten bei Abwesenheit von freiem Sauerstoff auftritt, ist doch nicht völlig ausgeschlossen, dass chemisch gebundener Sauerstoff von dem Leuchtstoff aus seiner Verbindung gelöst wird. Nur das ist in einer Anzahl von Fällen widerlegt und in keinem bestätigt, dass die Oxydation nach dem Schema RADZISZEWSKI's stattfindet.

Es ist über den Leuchtprocess noch eine Ansicht ausgesprochen worden, welche die Frage, ob eine Oxydation stattfindet oder nicht, und überhaupt den chemischen Charakter des Processes unberührt lässt. G. W. MÜLLER (citirt oben pag. 679) nämlich meinte, bei Ostracoden entstehe das Leuchten dadurch, dass zweierlei Drüsen zugleich ihr Secret entleeren, und die chemische Einwirkung der beiden Secrete auf einander von Leuchten begleitet sei. Vielleicht setzt auch LENDENFELD<sup>1</sup> bei leuchtenden Fischen etwas ähnliches voraus, wenn er sagt (pag. 619): »Die Funktion der einfachen, bloß aus Drüsenzellen bestehenden Organe dürfte die sein, dass die

<sup>1</sup> R. VON LENDENFELD, Report on the structure of the phosphorescent organs of Fishes. in: Rep. Challenger Vol. 22 1887 pag. 277—329 Taf. 69—73. (Citirt nach des Verfassers Auszug in: Biol. Centralbl. 7. Bd. pag. 609—621.)

Drüsen im Moment des Entstehens<sup>1</sup> leuchtendes Secret produciren . . . Bei den höher entwickelten Organen können wir annehmen, dass das Secret der auch in diesen Organen vorkommenden Drüsen für sich nicht leuchtet, sondern erst durch einen activen Eingriff von Seiten der Spindel- und Keulenzellen zum Leuchten gebracht wird.« — Ich habe MÜLLER's Vermuthung für die Copepoden geprüft (oben pag. 666). Obwohl ich fand, dass hier das Leuchten allein von dem Secret der Leuchtdrüsen ausgeht, so möchte ich doch ihre Richtigkeit für die Ostracoden oder auch für andere Thiere nicht in Abrede stellen, da ich es nicht für ausgeschlossen halte, dass in dem Leuchtsecret der Copepoden zwei Stoffe vorhanden seien, denen die von Leuchten begleitete Einwirkung auf einander durch Zutritt von Wasser ermöglicht werde; so ist es denkbar, dass bei anderen Thieren diese beiden hypothetischen Stoffe von zwei Arten von Drüsen gesondert producirt werden. —

Für die in diesem Kapitel versuchte Übersicht über unsere Kenntnis vom thierischen Leuchten habe ich nur diejenigen Arbeiten herangezogen, die sich mit der Theorie der Erscheinung beschäftigen; die Reichhaltigkeit der Literatur mag mich entschuldigen, wenn ich einige davon übersehen und die übrigen ganz außer Betracht gelassen habe. Die Ergebnisse dieser Übersicht sind kurz folgende:

Es ist als erwiesen zu betrachten, dass beim Leuchten der Organismen physiologische Vorgänge nur so weit betheiligt sind, als sie die Erscheinung vorbereiten, als sie Leuchtstoffe produciren und in die für ihr Aufleuchten erforderlichen Bedingungen versetzen. Das Leuchten selbst ist dagegen Begleiterscheinung eines chemischen, in einigen Fällen vielleicht auch eines physikalischen Processes. Die physiologischen Vorbedingungen des Leuchtens stehen oft unter dem Einfluss des Nervensystems, das Leuchten selbst niemals; jene sind bei manchen Thieren bis zu einem gewissen Grade klar gelegt, bei anderen vermittelt Hypothesen vor-

<sup>1</sup> Dieser Ausdruck könnte schließen lassen, dass LENDENFELD, für die Fische wenigstens, die Aufspeicherung von Leuchtstoff in Abrede stelle (vgl. oben pag. 681); ob er das aber bedeuten soll, ist nicht klar, denn kurz vorher bemerkt LENDENFELD: »Bei vielen Epithelarien leuchtet der gewöhnliche Schleim, den die Drüsenzellen der Haut produciren, in dem Momente seines Entstehens, wenn er mit dem Wasser zum ersten Mal in Berührung kommt.« Wann also? im Momente des Entstehens oder der Entleerung? Bei *Pyrosoma* lässt übrigens auch LENDENFELD die »Verbrennung«, nicht die Production des Leuchtstoffes vom Willen des Thieres abhängen.

stellbar, bei noch anderen ganz unerforscht; der chemische Process ist noch völlig dunkel.

Das Leuchten der Organismen legt daher nicht bloß dem Morphologen, sondern auch dem Physiologen und dem Chemiker noch so manches Problem vor, dessen Lösung nur von ihrem Zusammenarbeiten und von einer vergleichenden Erforschung der mannigfaltigen Formen der Erscheinung zu erwarten ist. — Über die biologische Seite der Erscheinung im nächsten Kapitel noch einige Worte.

#### D. Die biologische Bedeutung des Leuchtens für die Copepoden.

Für die Beurtheilung des Vortheils, den die Leuchtfähigkeit für die oben genannten Copepoden-Arten hat, scheinen mir folgende zwei Thatsachen maßgebend zu sein.

1) Das Auge der leuchtenden Copepoden ist entweder, wie bei *Pleuromma* und vermuthlich auch bei *Metridia*, ziemlich klein, weniger entwickelt als bei vielen nichtleuchtenden Arten, oder es fehlt ganz, wie bei *Leuckartia*, *Heterochaeta* und *Oncaea*.

2) Das Leuchten geht nicht innerhalb, sondern außerhalb des Körpers der Copepoden vor sich, und da frische Thiere zugleich mit dem Ausstoßen des Leuchtsecretes eine heftige Contraction ihrer locomotorischen Muskeln zu machen pflegen, so ist anzunehmen, dass der Copepod sich von der Stelle, wo das entleerte Secret aufleuchtet, durch eine heftige Bewegung fortschnellt.

Die erste Thatsache erlaubt den Schluss, dass die Bedeutung des Leuchtens für die Copepoden beschränkter ist als für manche andere Leuchtthiere. Denn es kann ihnen nicht dazu dienen, ihre dunkle Umgebung zum Zweck der Nahrungssuche oder zur Vermeidung von Gefahren zu erhellen, was LENDENFELD für Fische und CHUN für Euphausiiden annimmt; noch auch zum gegenseitigen Auffinden der Geschlechter bei der Paarung, was EMERY<sup>1</sup> für *Luciola* nachgewiesen hat, und was DAHL (citirt oben pag. 651, vgl. pag. 109) auch für die Copepoden für möglich hält; sicher spielt es diese Rolle nicht bei den augenlosen Arten, es sei denn man mache, wie FRIEND<sup>2</sup> für die Regenwürmer, die höchst unwahrscheinliche Annahme, dass diese Thiere das von ihren Artgenossen producirte Leuchten auch ohne Augen als Licht zu percipiren vermöchten. Die Vermuthung DAHL's ist auch damit

<sup>1</sup> C. EMERY, La luce negli amori delle *Luciole*. in: Bull. Soc. Ent. Ital. Anno 18 1887 pag. 406—411 [übers. in: Ent. Zeit. Stettin 48. Jahrg. pag. 201—206].

<sup>2</sup> H. FRIEND, Luminous Earthworms. in: Nature Vol. 47 1893 pag. 462—463.

schwer vereinbar, dass schon die Nauplien und die ersten Copepodid-Stadien leuchten; denn Einrichtungen, die bei der Paarung der Copepoden in Funktion treten, pflegen sich erst bei den letzten Häutungen zu entwickeln.

Aus der relativen oder absoluten Blindheit der leuchtenden Copepoden schließe ich vielmehr, ebenso wie HAASE<sup>1</sup> für die Myriopoden, dass die Bedeutung, welche das Leuchten für sie hat, nur in der Wirkung auf andere sehfähige Thiere bestehen kann. Um sich wie *Pholas* nach DUBOIS in einer sie unsichtbar machenden Lichthülle zu verstecken, dazu ist ihre Leuchtsecretion zu gering und ihr Leuchten zu rasch vorübergehend. Aber BRANDT (citirt oben pag. 684) entwickelt eine für die biologische Auffassung des Leuchtens vieler mariner Thiere wichtige Ansicht, dass nämlich das Leuchten der Polyzoön deshalb auf Verfolger abschreckend wirke, weil viele marine Leuchtthiere nesselnd und gallertig sind und darum gemieden werden. Mit dieser Ansicht stimmt eine zweite, jedenfalls zutreffendere Vermuthung DAHL's über das Leuchten der Copepoden überein: »Vielleicht haben wir auch einen Fall von Mimicry vor uns. Da manche nesselnden und ungenießbaren Thiere leuchten, könnten leuchtende Krebse im Dunkeln mit diesen verwechselt werden.« Allerdings könnte sich in manchen Feinden der Copepoden allmählich eine Association zwischen der Empfindung eines plötzlich auftretenden Lichtes und einem widrigen Gefühl und damit eine abschreckende Wirkung des Leuchtens entwickelt haben. Aber auch eine andere Auffassung ist denkbar. Denn Fische, mit die Hauptvertilger der Copepoden, sind neugierig, und manche von ihnen werden durch ein plötzlich auftretendes Leuchten keineswegs abgeschreckt, sondern vielmehr angelockt. Daher möchte ich aus der anderen der beiden oben angeführten Thatsachen schließen, dass das Leuchten der Copepoden manche ihrer Feinde nicht sowohl abschreckt als vielmehr irreführt; denn wenn sie, von einem Feinde verfolgt und durch diese Verfolgung zur Secretion gereizt, den Leuchtstoff ausstoßen, so lenken sie die Aufmerksamkeit des Verfolgers auf den aufblitzenden Funken ab, während sie selbst entfliehen.

---

<sup>1</sup> E. HAASE, Über das Leuchten der Myriopoden. in: Tagebl. 61. Vers. D. Naturf. Ärzte Cöln 1889 pag. 48—49.

### 9. Über den Bau des einseitigen Pigmentknopfes von *Pleuromma*.

Die Gattung *Pleuromma* Cls. führt ihren Namen von einem dunkelpigmentirten Knopf, der sich in der antero-lateralen Ecke des 1. Thoraxsegmentes erhebt und bei den größeren Arten schon dem bloßen Auge sichtbar ist (vgl. Mon. Taf. 5 Fig. 7, Taf. 33 Fig. 52); bei *Pl. abdominale* hat er einen Durchmesser von 0,09—0,1, bei *gracile* von 0,05—0,06 mm. Er ist stets nur an einer Seite des Segmentes vorhanden und gehört zu den Organen, die bei den verschiedenen Arten von *Pleuromma* auf verschiedenen Seiten vorkommen; ja seine Lage ist deshalb besonders auffällig, weil er bei den Weibchen der nämlichen Species (*abdominale*, *xiphias*) bald rechts bald links liegen kann<sup>1</sup>. Den mit *Pleuromma* sonst so nahe verwandten Arten der Gattung *Metridia* fehlt er durchaus, und auch bei anderen Copepoden ist bisher kein ähnliches Organ beobachtet worden.

Die in der vorhergehenden Mittheilung (pag. 651) erwähnten Ansichten, welche CLAUS und DAHL über die Funktion dieses sonderbaren Organs aussprachen, stützten sich nicht auf eine Untersuchung seines Baues. Derselbe ist vielmehr zuerst von RICHARD (loc. cit.) studirt worden, indessen an unzulänglich conservirtem Material, so dass RICHARD, ebenso wie ich (Mon. pag. 358), nur zu dem negativen Ergebnis kam, ein Auge könne das Organ nicht sein.

Mein früherer Hinweis auf die Undurchsichtigkeit der Hülle des Organs (s. o. pag. 651) war eine vorläufige, die in dem vorhergehenden Aufsätze mitgetheilten Beobachtungen über das Leuchten sind aber wohl eine definitive Widerlegung der Ansicht DAHL's, dass der Pigmentknopf ein Leuchtorgan sei. Da DAHL bemerkt, er habe anatomische Untersuchungen daran nicht machen können, so muss es

<sup>1</sup> J. RICHARD (Sur l'oeil latéral des Copépodes du genre *Pleuromma*. in: Z. Anzeiger 15. Jahrg. 1892 pag. 400—402) fand ihn bei *P. abdominale* ♀ weit häufiger rechts als links, während ich (Mon. pag. 349) ihn nur selten rechts gefunden hatte, und bei *xiphias* ♀, wo ich (pag. 357) ihn, bei allerdings wenigen Exemplaren, immer rechts angetroffen, ungefähr eben so oft links wie rechts; bei *gracile* ♀ fanden wir beide ihn constant rechts. Bei den Männchen einer Species liegt er constant auf der nämlichen, und zwar stets auf der der Greifantenne gegenüber liegenden Seite, bei *ab.* und *xi.* also links, bei *gr.* rechts.

die Arbeit RICHARD's sein, auf die er sich bezieht, wenn er unter den vier Gründen, die er für seine Ansicht geltend macht, auch den histologischen Bau des Organs und seine Ähnlichkeit mit dem Leuchtorgan von Euphausien anführt<sup>1</sup>. Indessen liegen die Leuchtorgane der Euphausien doch keineswegs unter einer undurchsichtigen Hülle, und aus den Mittheilungen RICHARD's lässt sich auch sonst keine Ähnlichkeit mit diesen Leuchtorganen noch überhaupt etwas herausfinden, was auf die Leuchtfunktion des Knopfes deutet. Denn RICHARD sagt nur, dass unter der gewölbten Hülle, die aus pigmentirtem Chitin<sup>2</sup> und der dazu gehörigen Matrix bestehe, eine sphärische Masse liege, die aus zahlreichen, mehr oder minder kugelförmigen Körpern zusammengesetzt scheine, und dass er einen an das Organ herantretenden Nerv nicht habe auffinden können.

RICHARD bezeichnete seine Angaben als vorläufig und stellte eine an geeigneterem Material auszuführende Untersuchung in Aussicht; da nun seitdem mehr als zwei Jahre vergangen sind, so darf ich wohl meine Beobachtungen über den Bau des Organs hier mittheilen; wenn sie auch seine besondere Funktion nicht aufklären, so ergibt sich aus ihnen doch, dass das Organ eine Drüse ist. —

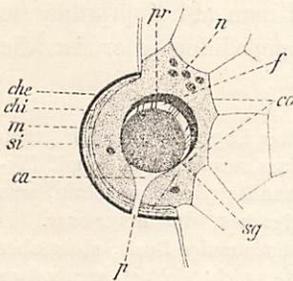
An ausgewachsenen Thieren ist die äußere Hülle des Organs stets so dunkel pigmentirt, dass es unmöglich ist, sein Inneres am lebenden Thiere genauer zu erkennen, und man auf Zupfpräparate und Schnitte angewiesen ist. An den Copepodiden aber ist die

<sup>1</sup> Seine beiden anderen Gründe sind: die einseitige Lage, die doch nur gegen die Deutung als Auge spricht, und der Umstand, dass nur Copepoden mit Pigmentknopf und vielleicht noch deren nächste Verwandte phosphoresciren, was doch nur eine Vermuthung und, wie sich nun gezeigt hat, eine irrige war.

<sup>2</sup> RICHARD's Angabe, der Knopf sei nur ringsum an der Basis, nicht aber oben pigmentirt, ist, wie ich schon früher bemerkte, nicht richtig, wenigstens nicht für die reifen Thiere der drei mir bekannten Arten. Auch DAHL, der sich bestimmt zu erinnern glaubte, dass bei lebenden Thieren die Hülle weit heller und durchsichtiger sei, als bei conservirten, wo sie allerdings meist sehr wenig durchsichtig sei, dürfte mit dieser Reminiscenz sich irren; einen derartigen Unterschied habe ich nie zwischen lebenden und conservirten, sondern nur zwischen jungen und reifen Thieren wahrgenommen; höchstens ist zuzugeben, dass bei lebenden Thieren der centrale Theil des Organs hinter und besonders neben der dunkeln Kappe deshalb etwas deutlicher wahrzunehmen ist, weil er das Licht stärker bricht als bei conservirten Thieren. Hierdurch erledigt sich auch A. MRÁZEK's (Die Gattung *Miracia* Dana. in: Sitzber. Böhm. Ges. Wiss. Prag 1894 9 pag. Taf. 14) Vermuthung, dass das im Leben hellere Chitin des Knopfes von *Pleuromma* nach der Conservirung rasch dunkel werde, was nach ihm die Cornealinsen von *Miracia* langsam thun.

Hülle weniger undurchsichtig, im V. Stadium, wenigstens bei *gracile*, öfters nur hellbraun, im IV. und III. Stadium, auch bei *abdominale*, sogar meistens völlig pigmentlos<sup>1</sup>. Bei lebenden Copepodiden sieht man nun mitten in der cuticularen Halbkugelschale, welche die äußere Wand des Organs bildet, einen sphärischen Körper liegen, der das Licht ziemlich stark bricht, und von einer in blauer und violetter Farbe opalisirenden, zwischen ihm und der Halbkugelschale befindlichen Zone scharf abgegrenzt ist; sein Inhalt sieht trübe und etwas körnig aus und ist von einer sehr dünnen Membran eng umhüllt, welche sich an einer Stelle von ihm abhebt und in einen Zipfel auszieht; derselbe durchsetzt die opalisirende Zone und mündet in eine Öffnung, welche sich an der hinteren Fläche der Halbkugelschale, etwas näher ihrem Rande als ihrem Gipfel, befindet. Da die Existenz dieser Öffnung für die Deutung des Organs wichtig ist, so bemerke ich, dass man sie bei reifen Thieren am deutlichsten wahrnehmen kann, wenn man dieselben mit Kalilauge behandelt hat, während sie an Schnitten, selbst nur  $5\mu$  dicken, öfters nur mit Mühe aufzufinden ist.

Zerzupft man ein lebendes geschlechtsreifes *Pl. gracile*, so quillt der unter der pigmentirten Schale verborgene Körper hervor, indem er seine sphärische Form ziemlich bewahrt; somit scheint er aus einer zähflüssigen Masse zu bestehen und hat ein poröses Aussehen.



Schematische Darstellung eines Schnittes durch den Pigmentknopf von *Pl. gracile*.

Auf Schnitten durch Thiere, welche mit Pikrinsäure getötet und mit Carmalaun kräftig tingirt sind, stellt sich der Bau des Organs bei reifen *Pl. gracile* ♀ und ♂ nun folgendermaßen dar (vergl. die Textfigur). Die cuticulare Halbkugelschale<sup>2</sup> besteht aus drei Schichten, einer äußeren dünneren, dunkelbraun bis schwarz pigmentirten Chitinschicht

(*che*), einer inneren dickeren, hellen, blätterigen Chitinschicht (*chi*)

<sup>1</sup> Das Organ ist, wenigstens bei *abdominale*, auch schon im II. Copepodid-Stadium sichtbar, während ich es im I. Stadium nicht habe auffinden können.

<sup>2</sup> Während bei *gracile* die Halbkugel ein wenig abgeflacht ist, ist sie bei *abdominale* umgekehrt in der Mitte etwas erhöht; bei letzterer Art ist zudem ihr Rand, besonders an der vorderen und hinteren Seite, etwas eingebogen.

und der bei reifen Thieren schwer wahrnehmbaren, bei Copepodiden aber deutlichen chitinogenen Hypodermis (*m*). Die an lebenden Copepodiden wahrgenommene, oben erwähnte Zone (*si*), welche die cuticulare Hülle von dem centralen sphärischen Körper scheidet, sieht man rings um diesen sich ausdehnen und ihn auch an der nach dem Innern des Thieres gewandten Seite umgeben; sie ist hier durch lamellöses Bindegewebe (*co*) unregelmäßig abgegrenzt. Der so nach außen vom Integument, nach innen von Bindegewebe umschlossene Hohlraum (*si*), in welchem der centrale Körper des Organs schwebt, unterscheidet sich dadurch von den benachbarten, zwischen den Bindegewebsmaschen befindlichen Hohlräumen, dass er von Carmalaun tingirt wird, während diese hell bleiben; er scheint ganz von einer sehr feinkörnigen Masse erfüllt zu sein, in welcher eine Anzahl Zellkerne liegen, namentlich eine Gruppe von 6—8 (*n*) in seinem antero-medianen Theile. Der centrale sphärische Körper, offenbar der Haupttheil des ganzen Organs, besteht aus einer Kugel (*sg*), deren nach innen und vorn gewendete Fläche von einer Schale (*pr*) dunkler tingirten Protoplasmas (die auf Schnitten als Mondsichel erscheint) derart umfasst wird, dass der Schalenrand der Kugel anliegt, im übrigen aber die einander zugekehrten Flächen von Schale und Kugel durch einen Spalt (*f*) getrennt bleiben, welcher wiederum von einzelnen von Schale zu Kugel ziehenden kurzen Fäden durchkreuzt wird. Zuweilen glaubte ich in dem mittleren, dickeren Theil der Schale einen Kern zu unterscheiden. Die Kugel scheint aus einer porösen Masse zu bestehen, die sich an der Peripherie etwas dunkler tingirt als in der Mitte. Sie und die Protoplasmaschale sind von einer dünnen Membran umhüllt, die sich in der Weise, wie es an den lebenden Copepodiden beschrieben wurde, in ein bei *p* mündendes, konisches Rohr (*ca*) auszieht.

Das Vorhandensein eines Porus (*p*) in der das Organ überrückenden Cuticula und eines zu demselben führenden Canales (*ca*) ist wohl ein ausreichender Beweis dafür, dass das Organ eine Drüse ist, als deren activer Theil die dem Porus gegenüberliegende Protoplasmaschale (*pr*) und als deren Secret die von dieser umfasste Kugel (*sg*) anzusehen ist; der zwischen beiden befindliche Spalt (*f*) mag wohl durch Schrumpfung des Secretes bei der Conservirung entstanden sein. Diese zähflüssige, poröse Secretkugel ist von anderer Beschaffenheit als das aus wasserhellen Tropfen bestehende Secret der gewöhnlichen Hautdrüsen und als die grüngelben Tröpf-

chen in den Leuchtdrüsen der Centropagiden, und lässt im Verein mit dem von der Umgebung abweichenden Inhalt des Sinus, in dem die Drüse liegt, und mit der Beschaffenheit der die Drüse überwölbenden Cuticula auf eine eigenthümliche Funktion des Organs schließen, deren Eigenart mir ein Räthsel geblieben ist.

Neapel, Februar 1895.