Über das Leuchten der Tiere.

Von

Rudolf Dittrich.

Wissenschaftliche Beilage zum Programm des

Realgymnasiums am Zwinger

zu Breslau.

REALGYMNASIUM DÜSSELDORF BIBLIOTHEK

Breslau.

Druck von Graß, Barth u. Comp. (W. Friedrich.)

1888.

1888. Progr. Nr. 200.

9br 36

163, 466

HT 008634588

UNIVERSITÄTS- UND LANDESBIBLIOTHEK DÜSSELDORF

Über das Leuchten der Tiere.

Die Fähigkeit mancher Tiere, Licht zu erzeugen, war schon im Altertume bekannt und ist seit dem Ausgange des Mittelalters in den Kreis derjenigen Erscheinungen getreten, welche unausgesetzt den menschlichen Forschungstrieb in Anspruch nahmen. Schon das vielfache Durchkreuzen der Ozeane bot Gelegenheit, das wunderbare Meerleuchten an den verschiedensten Stellen der Erde zu beobachten und das neu entdeckte Amerika gewährte die Möglichkeit, zahlreiche, kräftig leuchtende Insekten kennen zu lernen. Jahrhunderte hindurch beschränkte sich die langsam fortschreitende Naturwissenschaft fast nur auf das rein äußerliche Beobachten der verschiedenen Lichterscheinungen, wenige Untersuchungen wurden angestellt, welche naturgemäß mangelhafte Erfolge hatten, nichtsdestoweniger aber zu kühnen, oft wunderlichen Hypothesen über das Wesen und die Entstehungsursache des tierischen Lichtes Veranlassung gaben. Erst mit dem Anfange dieses Jahrhunderts wurden die Schritte, welche die aufblühende Wissenschaft zur Lösung des Rätsels machte, sicherer und erfolgreicher und schon 1834 konnte Ehrenberg in seinem großartigen Werke über das Meerleuchten eine unglaubliche Fülle von Beobachtungen niederlegen. Da trat in den fünfziger Jahren der gewaltige Aufschwung der Naturwissenschaften ein, immer zahlreicher, eingehender und zielbewusster wurden die Arbeiten, immer genauer klärte man mit den fortgeschrittenen Hilfsmitteln den Bau der Leuchtorgane und die das Leuchten begleitenden Erscheinungen auf. Noch ist freilich vieles anscheinend sicher festgestellte schwankend, noch stehen wir mitten in der Entwickelung der Frage darin, immerhin dürfte aber der Versuch vielleicht nicht unangemessen erscheinen, durch eine Zusammenstellung der bisherigen Beobachtungen eine Übersicht über das bisher Errungene, sowie auch über

diejenigen Punkte zu geben, um welche sich der Kampf der Meinungen gedreht hat und um welche es sich heute noch handelt. Dieser Versuch ist im folgenden gemacht worden, soweit sich die Beobachtungen auf das von lebenden Tieren und besonders von Insekten hervorgebrachte Licht beziehen. Der Verfasser hat im wesentlichen an ein nicht aus Zoologen bestehendes Publikum gedacht; sind auch manche Forderungen, welche man an populäre Schriften stellen könnte, in dieser Arbeit nicht oder nur teilweise erfüllt, so dürften die heutzutage weit verbreiteten populären Werke über Naturwissenschaft manches Vorausgesetzte ergänzen, manche Fachausdrücke erklären helfen.

Die benutzte Litteratur folgt am Schlusse in alphabetischer Reihenfolge der Verfasser.

§ 1. Verzeichnis der leuchtenden Tiere.[1])

Pisces. Porichthys porosissimus. Lophius sp. Scopelus Humboldtii. Astronesthes Fieldi (Reinhardt). Hemiramphus lucens.[4]) Argyropelecus sp.[1]) Sternoptyx sp.[1]) Coccia ovata.[1]) Mauroliccus pennantii.[4]). Chauliodus Sloanii. Stomias sp. Scymnus fulgens.

Insecta. Käfer. Lampyris noctiluca, splendidula. (Sencki F. de Villaret, Mulsanti v. Kiesenwetter.) Luciola italica, lusitanica, bicarinata[3]) perpetiuscula (Kolbe), japonica, discicollis. Phosphaenus hemiptera. Photinus discoidalis, lucida, pyralis (vergl. Turner), Pennsilvanica, occidentalis, nitidula, phosphorea.

Phengodes Hieronymi Haase. Chiroscelis bifenestrata.

Pyrophorus noctilucus, lampadion, retrospiciens, phosphoreus, lucidulus und zahlreiche andere Arten.

Buprestis ocellata? Pausus sphaerocerus?

Schuppenflügler. Noctua occulta (Raupe).

Zweiflügler. Ceroplatus sesioides. Chironomus tendeus (vergl. Brischke). Thyreophora cyanophila? (vergl. Gravenhorst).

Gradflügler. Gryllotalpa vulgaris? Lipura armata (Podure).

Halbflügler. Fulgora laternaria, F. pyrrhorhynchus, Tettigonia quadrivittata (vergl. Osten-Sacken).

Myriapoda. Orphnaeus brevilabiatus Haase = Scolopendra phosphorea L.?[2]) Geophilus electricus L. Geophilus subterra-

---

[1]) Die im Verzeichnisse vorkommenden Nummern 1—6 beziehen sich auf die entsprechenden Anmerkungen auf Seite 4.

neus = simplex Gervais (vergl. Newport). Scolioplanes crassipes (vergl. Haase 1881). Julus sp. (Ehrenberg).

Crustacea. Scyllarus sp. Nyctiphanes norwegica[4]) Cancer fulgens (vgl. Hablitzl und Tuckey; wohl ein Spaltfüßler.[4]) Gammarus pulex? Sapphirina indicator (vergl. Bronn). Oniscus fulgens = Sapphirina sp.[3]). Limulus noctilucus = Sapphirina sp.[3]) Cyclops brevicornis. Carcinium opalinum? Erythrophthalmus macrophthalmus?

Vermes. Polynoë torquata, scolopendrina, lunulata[4]). Acholoë astericola[4].) Eunoa sp.[4]). Polynoë fulgurans (wohl = Pholoë sp. juv., vergl. Grube p. 37). Nereis mucronata, phosphorans. Syllis fulgurans, noctiluca. Eusyllis sp. Tomopteris Rolasi, Mariana, levipes Solger. Photocharis cirrigera (Ehrenberg). Polycirrus sp.[4]) Thelepus sp.[4]) Spirographis sp.[4]) Lumbricus olidus oder tetragonus (vergl. Cohn). Photodrilus phosphoreus.[5]) Sagitta sp.[4]) Planaria retusa (wohl eine Turbellarie.)[3]) Balanoglossus.[4])

Rotatoria. Synchaeta baltica? (Ehrenberg).

Mollusca. Loligo sagittata?[4]) Octopus sp.?[4]) Helix noctiluca?[3]) Phyllirrhoë bucephalum. Pholas dactylus. Creseis sp.[3·4]) Cleodora cuspidata.[3 4]) Hyalea sp.[3 4]) (Tunicata.) Phallusia intestinalis. Botryllus Schlosseri (vergl. Landsborough). Pyrosoma atlanticum, giganteum. Appendicularia sp.[4]) Doliolum sp. Salpa zonaria, Tilesii.

Bryozoa. Flustra membranacea (vergl. Landsborough.)

Echinodermata. Asterias noctiluca Viviani = Amphiura elegans Leach.[4]) Amphiura phosphorea Peron.[4]) Ophiacantha spinulosa.[4]) Ophiothrix sp.[4])

Coelenterata. (Ctenophora.) Cydippe pileus. Bolina hibernica. Eschscholtzia cordata. Eucharis multicornis. Mnemia norwegica. Alcinoë papillosa. Cestum Veneris. Beroë fulgens, albens, rufescens. (Polypomedusae.) Rhizostoma sp.[4]) Pelagia noctiluca, phosphorea. Dianaea appendiculata. Mesonema coelum pentsile.[6]) Syriope sp.[6]) Gleba sp.[6]) Lesueuria sp.[6]) Mnemiopsis sp.[6]) Abyla pentagona. Diphyes sp. Eudoxia.[1])[4]) Praya cymbiformis. Aglaismoides.[4]). (Hydroidea): Cunina moneta. Geryonia sp. Obelia geniculata. Thaumantias hemisphaerica, Th. lenticula, Th. lucida, Th. mediterranea, Th. microscopica, Th. scintillans. (Oceania Blumenbachii, vergl. Claus p. 243). (Anthozoa): Madrepora sp.[4]) Gorgonia sp.[4])

Isis sp.[4]) Pennatula argentea, P. phosphorea, P. rubra. Funiculina quadrangularis. Cavernularia pusilla. Umbellularia sp. (Spongiae): Reniera sp. juv. (vergl. Noll).

Infusoria. Prorocentrum micans. Cryptomonas Lima. Discoplea sorrentina. Peridinium Splendor Maris, P. Candelabrum, P. eugrammum, P. Seta u. a. Noctiluca miliaris. Pyrocystis sp.[4]) (Radiolaria): Thalassicola sp. (vgl. J. Müller). Collozoum sp. (vgl. J. Müller). Sphaerozoum sp. (vergl. J. Müller).

§ 2. Bemerkungen zu dem Verzeichnisse.

Über Fulgora; über das Leuchten von Eiern und Larven.

Dieses Verzeichnis kann, was Vollständigkeit und absolute Genauigkeit der aufgeführten Gattungen und Arten betrifft, auf wissenschaftlichen Wert keinerlei Anspruch machen. Ich habe es auch nur mit innerem Widerstreben deshalb gegeben, weil es mir als eine notwendige Ergänzung meiner Arbeit erschien. Mit Rücksicht auf den geringen Wert desselben habe ich es auch nicht für nötig gehalten, mich überall streng an die systematische Ordnung zu halten und deshalb den Fischen nicht die Weichtiere, sondern die Insekten folgen lassen und innerhalb der Käfer die Lampyriden den Elateriden vorangestellt. Der Mangel an Vollständigkeit wird ersichtlich, wenn man erwägt, daß Klug schon i. J. 1834 im Berliner zoologischen Museum 317 Arten von Lampyriden und 44 Arten von Elateriden mit Leuchtflecken[7]) zählte (vergl. Ehrenberg

---

[1]) Vergl. Leunis.

[2]) E. Haase: Indo-Australische Chilopoden. Berlin 1887, p. 111 (nach Mitteilung des Herrn Verfassers).

[3]) Vergl. Milne Edwards.

[4]) Vergl. Mac Intosh.

[5]) Giard: Sur un nouveau genre de Lombriciens phosphorescents et sur l'espèce type de ce genre Photodrilus phosphoreus. Compt. rend. T. 105, Nr. 19, p. 872—874. Vergl. Zool. Anz. X. 1887 Nr. 267, p. 637.

[6]) Über die genaue systematische Stellung dieser Medusen konnte ich nicht klar werden.

[7]) Bei den Leuchtkäfern, z. B. unsern allbekannten Glühwürmern, finden sich teils am Hinterleibe auf der Bauchseite, teils (bei Pyrophorus) auf der Vorderbrust helle, gewöhnlich gelblich gefärbte Flecke; es sind dies durchsichtige Stellen der Chitinhaut, durch welche das innere Licht hindurchscheinen kann, gewissermaßen Laternenscheiben.

1834 p. 524) und wenn man einen Blick wirft in Gemminger und Herold: Catalogus Coleopterorum. (Bd. V. p. 1569 u. VI. p. 1647.)

Fulgora laternaria und pyrrhorhynchus habe ich mit einem Fragezeichen versehen, weil die Leuchtfähigkeit der ersteren stark angezweifelt, die der letzteren nur von Donovan behauptet wird. Das Licht des in Surinam und Brasilien lebenden Laternenträgers soll von dem merkwürdigen blasigen Kopfaufsatze ausstrahlen. Als erster Berichterstatter erscheint nach Hagen der Engländer Grew, ausführlichere Nachrichten über die Verwandlung[1]) und das Licht des Tieres verdanken wir aber der berühmten Malerin Maria Sybilla Merian. Als weitere Augenzeugen kann man nur noch Stedmann, Linden (vergl. Wesmaél) und Moufflet ansehen, während alle anderen, welche sich für das Leuchten aussprechen, dies teils auf die Autorität der Genannten hin thun (wie Macartney, Kirby u. G. de Kerville) teils auf die Berichte der Eingeborenen hin (wie Edwards u. Spence). Dagegen erklären sich Richard (vergl. Ehrenberg p. 448 Anm.), Olivier, Sieber, v. Hoffmannsegg, Spix u. Martius (vgl. Ehrenberg p. 512 Anm.), Hancock, Lefebvre, Westwood, Becker, Burmeister (vergl. Dohrn), Milne Edwards und neuerdings Gounelle gegen das Leuchten der Fulgora. Richard und Burmeister haben Fulgora laternaria und andere Arten aufgezogen und in den verschiedenen Entwickelungszuständen beobachtet, ohne jemals auch nur das geringste Licht wahrgenommen zu haben. Nach Gounelle wußten sogar die Brasilianer von dem Leuchten des ihnen wohl bekannten, weil für giftig gehaltenen Tieres nicht das geringste. Sollte also das Tier wirklich leuchten, so müsste dies, wie auch Coldstream und Gounelle bemerken, nur zu bestimmten Zeiten (vielleicht der Paarung) geschehen.

Auch einige andere Insektenarten, deren Leuchten zweifelhaft erscheint, wie Buprestis ocellata, Pausus sphaerocerus, Thyreophila cyanophila, Gryllotalpa vulgaris habe ich mit einem Fragezeichen versehen (vergl. Milne Edwards) und Astacus

---

[1]) Grew scheint das Licht nur auf die Aussage der Eingebornen hin angenommen zu haben und Frau Merian berichtet, wie schon Roesel (II. p. 181 ff.) bewiesen hat, auch über die Verwandlung entschieden Falsches, so daß man wohl annehmen darf, daß sie vielleicht auch bezüglich des Leuchtens hintergangen worden sei.

fluviatilis, über dessen Leuchten nur Götze berichtet, weggelassen.

Von verschiedenen der im Verzeichnisse aufgeführten Arten leuchten nicht nur die geschlechtsreifen Tiere, sondern auch die Jugendzustände oder selbst die Eier[1]); andere wieder leuchten nur im Larvenzustande.

Das Leuchten der Eier[2]), Larven und Puppen von Lampyriden ist schon lange bekannt, doch gehen die Ansichten der Forscher, was das Leuchten der Eier betrifft, auseinander. Während nämlich nach Owsjannikow und Laboulbène (1863) die Eier selbst leuchten und zwar nach ersterem schon im Mutterleibe, ist dies nach Newport und Wielowiejski nicht der Fall, vielmehr geht nach diesen das Leuchten derselben im Eierstocke nur von den Leuchtorganen, nach dem Legen aber von den ihnen anhaftenden, beim Legen herausgerissenen Teilen des Mutterleibes aus. Degeer und Joseph endlich fanden, daß das Leuchten der Eier erst wenige Tage vor dem Auskriechen der Larven eintritt, und demnach nicht dem Eie selbst, sondern den Larven zuzuschreiben ist. Das Leuchten der Lampyris-Larven war schon Swammerdam bekannt und ist später von allen Beobachtern bestätigt worden; die Nymphe soll nach Degeer (vergl. auch d'Aumont) an dem Abend, nachdem sie den Larvenzustand verlassen hatte, besonders hell geleuchtet haben. Das Leuchten der Eier von Pyrophorus hat erst Dubois festgestellt und zwar findet dies bei unbefruchteten, wie bei befruchteten Eiern, sowie vor und nach dem Legen statt. Auch die eben ausgekrochenen Larven leuchten, wenn auch nur gereizt.

Dubois stellte ferner fest, daß die leuchtenden Larven, welche Reinhardt, Weyenberg u. s. w. beschrieben und als Pyrophorus-Larven angesehen hatten, nicht zu dieser Gattung gehörten, wie dies Osten von Sacken bezüglich der von ihm 1862 beschriebenen Larve schon vermutet hatte. Haase[3]) hat

---

[1]) Auch das Leuchten der Eier von Lacerta agilis wird berichtet. (Leydig 1872.)

[2]) Über das Leuchten der Eier von Lampyris schreibt Kratzenstern 1757 an Linné (vergl. Leydig 1878).

[3]) Durch die Liebenswürdigkeit des Herrn Verfassers erhielt ich den Sonderabdruck seiner Arbeit vor der Herausgabe des 32. Bandes der deutschen ent. Zeitschrift.

neuerdings auf Grund einer früheren Beobachtung von Herrn Prof. Hieronymus in Cordova die oben erwähnten Larven, sowie die von v. Ihering beschriebene, als Weibchen von Phengodes nachgewiesen; wenigstens stimmt die Beschreibung der Tiere und ihres Leuchtens mit dem Aeußeren und dem Lichte eines von Hieronymus in copula beobachteten Phengodes-Weibchens überein.

Bei der Schwammmücke Ceroplatus sesioides leuchteten Eier, Larven und Puppen, letztere nur bis zum Abend vor dem Auskriechen der nicht leuchtenden Mücke.

Ob die von Meyrick auf Neuseeland entdeckte leuchtende Zweiflüglerlarve (vergl. auch Hudson und Osten v. Sacken) zu einem leuchtenden Imago gehört oder nicht, ist noch nicht ermittelt.[1])

Auch in anderen Tierordnungen begegnen wir leuchtenden Jugendzuständen, so berichtet Peach von einer leuchtenden Ringelwurm-Larve, Panceri von der Larve von Pyrosoma, deren Leuchtorgane sogar denen der geschlechtsreifen Tiere völlig gleichen. Auch die Jugendzustände des Seesterns Ophiothrix sp. leuchten in einer Tiefe von 20—40 Faden, während die erwachsenen in der Flutlinie lebenden Tiere dunkel sind (Mac Intosh). Endlich hat Altmann (vergl. Panceri) das Leuchten von Beroë-Embryonen im Ei beobachtet.

Abschnitt I. Lage, Bau und chemische Struktur der Leuchtorgane.

§ 3. Lage der Leuchtstellen und Leuchtorgane.

Bei Astronesthes Fieldi strahlt das Licht von einem Flecke auf der Stirn und lodert gleichsam von da auf dem Rücken bis zur ersten Rückenflosse hin (Reinhardt); bei Scymnus fulgens dagegen ist es der untere Teil des Kopfes und Körpers, welcher Licht ausstrahlt (vergl. Humboldt 1883 p. 35). An einer Lophioide sah von Willemoes-Suhn ein von der Kopfbartel getragenes phosphoreszierendes Organ und bei einer Scopeline beobachtete derselbe, daß die augenähnlichen Flecken derselben leuchteten (vergl. auch Ausland 1841 p. 239). Auf diese Beobachtung gestützt, hält Solger auch die augenähnlichen

[1]) Die leuchtende Larve, von welcher Harris schreibt, ist ihrer systematischen Stellung nach ganz unbekannt.

Flecke, welche, in Längsreihen geordnet, sich an verschiedenen Scopelus verwandten Fischen finden, wie Mauroliccus, Porichtys, für Leuchtorgane.[1])

Bezüglich der Lampyriden weichen die Angaben, namentlich der älteren Beobachter, sehr von einander ab; so leuchten nach Maille die letzten Hinterleibsringe der Nymphe und teilt der ganze Körper, wenn auch in geringerem Grade, die Phosphoreszenz dieser Teile; auch Dieckhoff hält den ganzen Hinterleib für mit Leuchtsubstanz gefüllt.

Lamp. noctiluca. Die Leuchtorgane des ♀ liegen im vor- und drittletzten Ringe auf der Bauchseite, außerdem besitzt dasselbe noch 2 seitliche knollenförmige Organe im letzten Ringe (Targ. Tozzetti, Wielowiejski). Beim Männchen liegen die Organe seitwärts an der unteren Fläche des letzten Bauchringes (Owsjannikow 1868). Bei den Larven finden sich (Reiche, Owsjannikow) 2 grauweiße Flecke auf dem vorletzten Ringe, nach Degeer 1781 auf dem 9., 10. und 11. Hinterleibsringe.

Lamp. splendidula. Die Leuchtorgane des Weibchens liegen (M. Schultze) im vor- und drittletzten Ringe unmittelbar der Bauchhaut an, außerdem finden sich noch 4—5 Paar seitlicher Organe (Kölliker) in den Seitenzipfeln der Bauchsegmente, oder auch etwas nach innen gezogen (Wielowiejski). Beim Männchen sind nur der vor- und drittletzte Ring leuchtend, bei der Larve befindet sich am 3., 4., 7. und 8. Hinterleibsringe je ein Leuchtfleck (Müller), nach Wielowiejski dagegen liegen im ganzen Hinterleibe seitliche knollenförmige Leuchtorgane, ähnlich denen, wie sie das Weibchen besitzt, aber wie es scheint, mehr nach innen gerückt. Lamp. hemiptera. Das ♂ hat auf der Unterseite des vorletzten Bauchringes 2 kleine leuchtende Punkte.[2]) (Müller.) Luciola italica. Beim Weibchen leuchten nur die beiden Flecke auf dem vorletzten Bauchringe (Walter), beim Männchen der letzte und vorletzte Bauchring (Emery, Spallanzani). Letzterer hielt ebenso wie Carradori und später Carus

---

[1]) Auf diese Flecken machte zuerst Leuckart aufmerksam, Ussow hält sie für Sehorgane, Leydig (1879) erklärt sich nicht ausdrücklich, giebt aber zu, daß es möglicherweise Leuchtorgane sein könnten.

Leider war es mir nicht vergönnt, die kürzlich erschienene Arbeit von Carpenter über die leuchtenden „Fische" einzusehen.

[2]) Geoffroy's L. hemiptera ist, wie er selbst schon vermutete, nur eine Varietät von L. noctiluca.

die Larven für Weibchen, obwohl Charpentier schon 1825 nachgewiesen hatte, daß beide Geschlechter fliegen.

Bezüglich anderer Lampyris-Arten verweise ich auf de Laporte, F. de Villaret, Darwin, v. Kiesenwetter, Reiche, Olivier.

Die Reinhardt'sche Käferlarve (Phengodes sp.) leuchtete an jedem Leibesringe mit Ausnahme der Vorderbrust aus 2 auf der Rückenseite gelegenen Punkten (bei Phengodes Hieronymi 10 jederseits; Haase) in grünem, am Kopfe aber mit Ausnahme der Augen, Fühler und Mundteile in rotem Lichte; ähnlich leuchten die andern hierher gehörigen Tiere. Nach v. Ihering waren die Leuchtpunkte die Stigmen, nach Haase sind es besondere durch Durchsichtigkeit ausgezeichnete Punkte der Chitinhaut, welchen auch innerlich gewisse Ausbiegungen des Fettkörpers zu entsprechen scheinen. Das Phengodes-Männchen leuchtete an der Unterseite des Hinterleibes in grünem Lichte, die Larven leuchten wie das Weibchen.

Die in Amerika verbreiteten Cucujos (Pyrophorus) besitzen auf der Vorderbrust jederseits 2 Leuchtstellen, deren Größe, Gestalt und Lage bezüglich des Seiten- und Hinterrandes verschieden sind, außerdem aber noch ein im ersten Bauchsegmente gelegenes Leuchtorgan, welches nur sichtbar wird, wenn der Hinterleib nach Entfernung der Flügeldecken und Flügel in die Höhe geschlagen wird (Laboulbène, Robin, Heinemann.) Dieses sehr kräftig leuchtende Organ, dessen Licht den ganzen Körper durchdringt, veranlaßte (im Zusammenhange mit den 120—160 leuchtenden Eiern; Dubois) die Meinung, daß die Leuchtmaterie durch den ganzen Körper verbreitet sei (Illiger, Blanchard); Lacordaire erkannte schon 1830 das Vorhandensein eines besonderen 3. Leuchtorganes, hielt dasselbe aber für der Mittelbrust angehörig.

Die Larve von Pyrophorus noctilucus leuchtet im ersten Stadium nur zwischen dem Kopf und der Vorderbrust, im zweiten Stadium außerdem noch an den ersten 8 Hinterleibsringen aus je 2 seitlichen und einem mittleren Punkte, während der 9. Ring nur einen größeren Leuchtpunkt besitzt (Dubois).

Außer den genannten 3 Organen soll eine brasilianische Elateride auf den Flügeldecken zwei große phosphoreszierende, nicht durchsichtige Flecke besitzen (vergl. Reiche).

Buprestis ocellata spricht Lamarck nach Cuvier Ed. III Bd. IV p. 447 auf den Bericht eines Freundes hin, einen grossen, gelben, phosphoreszierenden Fleck auf jeder Flügeldecke zu.

Lamarck vermutet nach Latreille Bd. X p. 262, daß die beiden ovalen Flecke auf dem 2. Hinterleibsringe von Chiroscelis bifenestrata phosphoreszieren und daß ihnen besondere Organe entsprechen (vergl. Klug nach Ehrenberg 1834 p. 524 Anm. bez. Chiroscelis digitata F.).

Bei Pausus sphaerocerus fand Afzelius einmal die Fühlerkolben wie glühende Kugeln leuchtend.

Die Raupe von Noctua occulta soll nach Gimmerthal am ganzen Leibe einschließlich der Füße und des Kopfes geleuchtet haben; dasselbe berichtet Wahlberg von der Larve und Puppe von Ceroplatus sesioides (nur bei der dem Auskriechen nahen Puppe war das Licht auf 2 schwache Feuerräder beschränkt), ebenso leuchteten die von Alenitzin und Brischke beobachteten Chironomus am ganzen Leibe; bei der seltenen Thyreophora cyanophila soll der Kopf leuchten (Gravenhorst, Osten-Sacken).

Scolopendra electrica (vergl. Kirby, Bach u. s. w.), sowie auch außereuropäische Tausendfüßler (Coldstream) leuchten am ganzen Körper, wobei sie einen ihre Oberfläche bedeckenden Schleim hervorbringen, welcher auf der Erde als leuchtende Spur zurückgelassen wird (Audouin, Richard). Diesen unbestimmten Angaben stehen folgende neuere bestimmtere gegenüber. Bei Scolioplanes crassipes ist nach Dubois der Darmkanal der Sitz des Leuchtens, nach Haase (Indisch-austral. Chilopoden. Berlin 1887 p. 111/112[1]) dagegen sind es hier, wie bei Orphnaeus brevilabiatus, welcher stark leuchtet, die wohl entwickelten Bauchporen, welche das leuchtende Sekret absondern. Macé endlich bezeichnet als Sitz des Leuchtens von Geophilus simplex eine Reihe von Punkten, welche in der Nähe der Stigmen, je einer zwischen 2 Beinpaaren an den Körperseiten liegen.

Bei den Crustaceen ist fast überall der Sitz der Leuchtkraft unbekannt, was durch die ziemlich durchgängige Kleinheit der auch ihrer systematischen Stellung nach meist ungenau bekannten Tiere erklärlich wird. Bei Carcinium opalinum erkannte Meyen besondere auf dem Rücken liegende orangegelb gefärbte Leuchtorgane. Bei einer von Smith im Golf von Guinea beobachteten Cancer-Art leuchtete anscheinend das Ganglion (Coldstream). V. Hensen erklärt die bei Thysanopoda tricus-

[1]) Nach brieflicher Mitteilung des Herrn Verfassers.

pidata Mil. Edw. an Kopf und Hinterleib auftretenden kugeligen Bildungen für Leuchtorgane.

Unter den Anneliden scheint bei Lumbricus, über deren Leuchten Dumeril und Vallot, Audouin, Forester und F. Cohn berichten, ein besonderes Leuchtorgan nicht vorhanden zu sein, da sich das Licht bald hier bald da zeigte und eine Schleimabsonderung nicht zu beobachten war. Bei Enchytraeus albidus wird dagegen ein schwachleuchtender Schleim abgeschieden.

Photocharis cirrigera sendet aus den Cirren Lichtfunken aus gleich kleinen elektrischen Entladungen, erst später entzündet sich der das Tier bedeckende Schleim (Ehrenberg).

Harmothoë imbricata entsendet von der Anheftungsstelle einer jeden Rückenschuppe hellgrünliche Strahlen (M. Intosh). Bei einigen kleinen Polynoë und Syllis beobachtete Quatrefages, daß die fleischigen Organe, welche die Fußborsten tragen, Centren kleiner Lichtsterne sind, deren Strahlen den thätigen Muskeln parallel liefen. Besondere Leuchtorgane waren hier wie bei einigen kleinen Ophiuren nicht zu entdecken. Dagegen fand Will bei Chaetopterus pergamentaceus ein besonderes Leuchtorgan, nämlich eine Schleimdrüse, welche auf dem Rücken des Vorderleibes liegend, sich nach vorn verschmälert und hier bis zum Munde und beiderseits bis an die Basis der Fußstummel reicht. Dieselbe drüsige Substanz tritt auch am oberen Rande der Glieder des Mittelleibes und in den Fußstummeln des Hinterleibes auf. Alle diese Teile leuchten nur infolge der Entwickelung des abgewischt selbständig fortleuchtenden Schleimes. Auch bei Polynoë torquata sind die Schleimzellen der Fühler der Sitz des Leuchtens (Jourdan).

Bei Tomopteris hält Greef die von Busch 1847 entdeckten und von Vejdowsky für Augen erklärten rosettenförmigen Organe für Leuchtorgane. Dieselben kommen nicht nur in den Flossen vor, sondern auch mitten im Ruder des Fußstummels. Bei Tom. Mariana finden sich in den Rudern der beiden vorderen Fußstummelpaare 2 besonders große Rosetten, während die in den Rudern liegenden den gewöhnlichen Organen bei den anderen Arten gleichen.

Mollusca. Phyllirrhoë Bucephala phosphoresziert an dem Körper und den Fühlern und zwar am stärksten und lebhaftesten am oberen und unteren Körperrande. Cleodora cuspidata (Ausland 1841 p. 239/40, Panceri) hat an der Spitze des

die pyramidenförmige Schale füllenden Körpers ein kleines rundes, nachts hell leuchtendes Bläschen.

Die außerordentliche Leuchtkraft von Pholas dactylus war schon im Altertume bekannt (Plinius) und doch wußte man bis in die neueste Zeit nichts über den eigentlichen Sitz derselben. Erst Panceri entdeckte diesen und bestimmte die Lage der dreierlei Leuchtorgane folgendermaßen: 1) ein Bogen entsprechend dem oberen Mantelrande und parallel mit diesem mitten zwischen den Schalen befindlich, 2) 2 kleine dreieckige Flecke am Eingange des vorderen Sipho, 3) 2 lange parallele Streifen oder Schnüre in demselben Sipho. Die beiden letzten Organarten bilden einen bedeutenden Teil des Mantels und heben sich auf demselben durch ihre weiße Farbe sehr ab. Nach dem Herausschneiden dieser Organe leuchtet der übrige Körper nicht, vorher aber nur vermöge der von jenen abgesonderten ihn umhüllenden Substanz. Phallusia intestinalis zeigt an der Stelle, wo das Ganglion liegt, einen länglich runden, schwach bläulich leuchtenden Fleck, der übrige Körper phosphoresziert nur, wenn er anhaltend gereizt wird (Will).

Bei Pyrosoma bezeichnete Meyen als Leuchtorgan einen kegelförmigen rotbraunen Fleck im Innern eines jeden Einzeltieres (Ascidie), den Ehrenberg 1834 für den Eierstock und Panceri nur für einen aus roten Pigmentzellen bestehenden Körper erklären. Nach Panceri kommt das Licht aus besonderen ovalen Organen, welche sich paarweise in jeder Ascidie an der Basis des Halses, nahe dem Oberrande der beiden Kiemen befinden und welche Huxley (Observations upon the Anatomy and Physiology of Salpa and Pyrosoma. Phil. Transact. 1851) für Harnorgane erklärte.

Echinodermata. Bei Ophiacantha spinulosa geht ein schön grünes Licht von der Mitte der Scheibe aus, verbreitet sich längs der Strahlen und erhellt die ganze Außenseite des Tieres. Nach Panceri entsprechen die Leuchtpunkte der Basis der Pedicellen und sind längs der Arme gereiht. (Mac Intosh.)

Coelenterata. Cydippe pileus phosphoresziert nach Ehrenberg 1834 zuerst in der Mitte dort, wo die beiden Eierstöcke liegen und das Licht erhellt dann teils die Scheibe wie eine matte Glasglocke, teils breitet es sich in der Richtung der 8 Radien aus. Das Licht der Beroëditen geht nach Panceri von Bläschen aus, welche die Leuchtsubstanz einschliessen

und in dem Körperparenchym liegen. Dieses umhüllt die Gefäßstämme und zwar z. T. auch die sekundären. Bei Cestum leuchten auch der untere Randkanal und die von Milne Edwards als „canaux costaux des petits ambulacres“ bezeichneten Kanäle.

Bei den anderen Medusen phosphoresziert meist die Oberfläche ganz oder zum Teil, so bei Cunina moneta, Pelagia noctiluca und phosphorea, bei einigen aber die Randknöpfe an der Basis der Tentakeln (Thaumantias hemisphaerica u. lucida (Macartney, Forbes), Mesonema coelum-pentsile, Syriope und Geryonia sp.); aber auch hier können wie bei den Beroëditen innere Organe (Strahlenkanäle und Ovarien) leuchten. Erstere z. B. bei Dianaea appendiculata Forbes, letztere bei Oceania pileata. Äußeres und inneres Licht kommen zusammen vor bei Pelagia noctiluca, wo außer einem Leuchtkreise um die Genitalorgane noch die Strahlenkanäle phosphoreszieren. Bei Thaumantias hemisphaerica hat Macartney die Scheibe innen neben den Randknöpfen leuchten gesehen und dasselbe hat Panceri bei Th. mediterranea unter dem Einflusse eines galvanischen Stromes beobachtet. Pennatula sendet das Licht von besonderen Organen aus, welche in den einzelnen Polypen liegen. Es sind dies 8 dem Magen anliegende und sich von einer Mundpapille zur andern ziehende Schnüre.

Protozoa. Bei Noctiluca miliaris und den anderen Leuchtinfusorien ist das Licht nicht auf bestimmte Stellen beschränkt, sondern tritt bald hier, bald da am Körper auf; eigene Leuchtorgane konnten noch nicht festgestellt werden, ja ihr Vorhandensein bei Noctiluca miliaris wird von allen Beobachtern geleugnet. (Ehrenberg, Quatrefages, Owsjannikow, Dönitz.)

§ 4. Struktur der Leuchtorgane.

Pisces. Astronesthes Fieldi zeigt einen der leuchtenden Stelle entsprechenden, etwas kleineren, bei Spiritus-Exemplaren weißen Fleck, in dessen Haut ein aus ziemlich grossen, mit einer anscheinend fetten Masse gefüllten Zellen bestehendes Gewebe sich befindet (Reinhardt). Auch bei Scymnus fulgens ist es die Haut, welche den Leuchtstoff absondert (Humboldt 1883 p. 135). Die augenähnlichen Flecke von Porichthys porosissimus erweisen sich als solide, linsenförmige, von der Lederhaut umschlossene Zellenkomplexe, welche in

schalenförmigen Unterlagen ruhen, oder von diesen unten und seitlich umfaßt werden. Die letzteren sind längs des konvexen Randes pigmentiert, dagegen ist der konkave Abschnitt pigmentfrei und besteht aus einer bindegewebigen Grundlage, in welche die bei Fischen so häufig vorkommenden irisierenden Plättchen oder Nadeln von Guanin oder ähnlichen Stoffen eingesprengt sind. Nervenfasern ließen sich nicht nachweisen (Solger), dagegen hat Leydig bei den entsprechenden Organen von Chauliodes Sloani Nervenfasern entdeckt, welche sich an dem zelligen Innenkörper verlieren.

Insecta. Mit Uebergehung der ältesten Arbeiten über Lampyriden, in welchen, wenn überhaupt von Leuchtorganen die Rede ist, nur gesagt wird, daß dieselben Bläschen seien, welche z. B. nach Linné bei Lamp. japonica mit Luft gefüllt sind, wende ich mich zu denjenigen Arbeiten, welche seit dem Ende des vorigen bis in die Mitte unseres Jahrhunderts veröffentlicht wurden. Die Zusammensetzung des Leuchtorgans aus Kügelchen wird vielfach erkannt (Spallanzani, Peters, Joseph), ebenso das Eindringen von Tracheen und Nerven in dasselbe (Macaire), im übrigen wird vielfach gestritten über das Vorhandensein oder Fehlen einer das Leuchtorgan umschliessenden, durchsichtigen porösen Membran, beziehungsweise einer zweiten undurchsichtigen, hinter welche das leuchtende Organ zurückgezogen und so unsichtbar gemacht werden könnte. (Carradori).

Carrara glaubt sogar an einen Zusammenhang des Leuchtorgans mit dem Munde, indem er den mit Luft gefüllten Darmkanal für das Verbindungsrohr hält.

Ueber Pyrophorus noctilucus arbeiteten in dieser Zeit Macartney, Spix, Lacordaire (1830), Burnett. Nach Spix ist das Leuchtorgan ein mit einer zerflossenen, talgartigen, phosphorähnlichen Substanz angefülltes Säckchen, nach Burnett besteht es aus von Tracheen durchbohrten Fettkugeln ohne Nerven und Gefäße.

Mit der zeitlich zunächst folgenden Arbeit von Leydig beginnt nun eine glänzende Reihe von Untersuchungen, welche mit der fortschreitenden Vervollkommnung der mikroskopischen Technik immer tiefer in den feineren Bau der Leuchtorgane eindringen, ohne indessen bisher alle Einzelheiten genügend aufgeklärt zu haben.

Leydig, welcher die Leuchtsubstanz für im Fettkörper niedergelegt erklärte, der hier besonders organisiert sei, hielt die in den Zellen desselben enthaltene Substanz noch für Phosphor; eine Ansicht, welche Kölliker verwirft. Dieser erkannte zuerst im Leuchtorgan von Lamp. splendidula 2 Arten von Zellen, von denen die einen helleren mehr der äusseren Schicht angehören, während die anderen, nach innen gelegenen, undurchsichtige Körnchen enthalten, die Kölliker für harnsaures Ammoniak erklärt. Beide Zellenarten sind nicht scharf von einander getrennt, die hellen Zellen sind die eigentlichen Leuchtzellen, während die dunklen Zellen mehr das von jenen erzeugte Licht reflektieren. Die in das Organ eindringenden Tracheen verzweigen sich in ihm und stehen schlingenartig in Verbindung. Damit waren die Grundzüge für den Aufbau der Leuchtorgane von Lampyris gegeben, welche (abgesehen von Peragallo und teilweise Lindemann) von allen späteren Untersuchern anerkannt wurden. M. Schultze, welcher in seiner epochemachenden Arbeit im wesentlichen die Resultate Kölliker's annimmt, verfolgt die baumartig verzweigten Tracheen bis zu ihrem Ende, welches sich als eine sternförmige, mit Ausläufern versehene Zelle (die sogenannte Tracheenendzelle) ausweist. Diese Zellen, welche sich auch sonst bei den Insekten finden (vergl. auch Landois) sind es, deren massenhaftes Auftreten das Leuchtorgan auszeichnet und deren Vorkommen in den Leuchtorganen der verschiedenen Leuchtkäfer-Arten, sowie deren Beziehung zum Leuchtprozesse einen der wichtigsten Streitpunkte für die folgenden Arbeiten bildet. Schultze behauptet durchaus nicht, wie Wielowiejski richtig bemerkt, daß die Tracheenendzellen die eigentlichen Erzeuger des Lichtes seien, sondern er regt nur die Frage an, ob vielleicht an sie zuerst die Lichtentwickelung gebunden sei, welche sich dann erst auf die Parenchymzellen verbreite.

Der wesentliche Bau der Leuchtorgane bei Lampyriden und Pyrophoriden ist nach diesen und nach den folgenden Untersuchungen von Owsjannikow (1868), Targ. Tozzetti, Wielowiejski, Emery (f. Lampyris), Laboulbène, Robin und Heinemann (für Pyrophorus) folgender:

Die von einer Membran umschlossenen Bauchleuchtorgane der Lampyriden und Pyrophoriden, sowie die Brustleucht-

organe der letzteren bestehen aus 2 Schichten, dünnen, unregelmäßig gegen einander abgegrenzten und schwer trennbaren, aber nicht durch eine besondere Membran getrennten Platten, einer ventralen, mehr durchsichtigen, eigentlich leuchtenden Parenchymschicht (M. Schultze) und einer dunkler gefärbten, undurchsichtigen, höchstens schwach leuchtenden, ihres körnigen Inhaltes wegen Uratschicht (M. Schultze) genannten Platte[1]). An die das Organ umschließende Haut treten die dasselbe reichlich versorgenden Tracheen und Nerven heran, durchbohren sie und verzweigen sich in der Uratschicht in größere Stämme, um in der Parenchymschicht in die feinsten Zweige zu zerfallen und so die Parenchymzellen reich mit Luft zu versorgen. Diese Verzweigung hat teils eine reihen- oder säulenförmige Anordnung der Leuchtzellen zur Folge, teils nicht.

Am vollkommensten ist diese Sonderung bei Luciola italica, wo sich die Leuchtplatte als aus zur Chitinhaut senkrecht stehenden Cylindern oder Prismen (den „acini digitiformi" Targ. Tozzetti's) zusammengesetzt erweist. Den Kern derselben bildet je ein Büschel Tracheen, welches zunächst von einem durchsichtigen Cylinder und demnächst von dicken, körnigen Parenchymzellen so umschlossen ist, daß jede Zelle zur Bildung der Rinde von zwei solchen Prismen beiträgt (Emery). Bei Lamp. noct. ist das Organ durch gruppenweise Lagerung der Parenchymzellen so geteilt, daß es mehrlappig erscheint (Owsjannikow). Bei Pyrophorus endlich begleiten die Zellen die Tracheen nur reihenweise (Heinemann).

Was die das Organ zusammensetzenden Zellen anlangt, so sind dieselben entschieden membranlos; bei Luciola italica ist der zellige Aufbau der Uratschicht nur schwer erkennbar (Emery) und Heinemann leugnet denselben bei Pyrophorus entschieden ab. Die Unterschiede zwischen den Zellen der beiden Schichten sind nach Wielowiejski nicht in ihrer Form, Größe und Beziehung zu den Nerven und Tracheen, sondern ausschließlich in den sie erfüllenden Körnchen zu suchen, welche sich durch ihr entgegengesetztes Verhalten zu verschiedenen Lösungsmitteln (Alkohol, Glycerin) als ungleichartig erweisen.

---

[1]) Wielowiejski konnte in den seitlichen Leuchtknollen von Lamp. noctiluca die von Kölliker auch dort bemerkten Uratzellen nicht finden.

Wie schon früher hervorgehoben wurde, ist die Versorgung des Leuchtorganes mit Tracheen eine äußerst reichliche. Dieselben stammen bei Lampyris teils aus den Querverbindungen der Tracheenlängsstämme, teils aus den in den leuchtenden Ringen selbst liegenden Stigmen (Wielowiejski), bei Pyrophorus für die Brustorgane aus den beiden Tracheenstämmen, welche in den Vorderbruststigmen entspringen, während das Tracheensystem des Bauchleuchtorganes ganz selbständig aus dem ersten Bauchstigma seinen Ursprung nimmt (Heinemann).

Die Tracheen verzweigen sich im Leuchtorgane teils pinselförmig: bei Lamp. splendidula (Wielowiejski), Pyrophorus (Laboulbène und Heinemann), teils unregelmäßig bei Lamp. noctiluca (Wielowiejski), oder baumartig bei den Larven und in den seitlichen Leuchtknollen von Lamp. splendidula (Wielow.); ihre äußersten und feinsten Zweige sind ohne spiralige Chitinverdickung, also glatt. Da, wo diese letzte Teilung in glatte Röhrchen stattfindet, bildet sich bei Lamp. splendidula die Tracheenendzelle durch Erweiterung der die Trachee umgebenden Peritonealhaut, welche auch weiterhin die glatten Röhrchen begleitet. Diese Erweiterungen der Peritonealhaut fehlen bei Luc. italica (Emery) und Pyrophorus (Heinemann), sie sind undeutlich und mehr schwimmhautartige Verbreiterungen bei Lamp. noctiluca (Wielow.) infolge der hier unregelmäßigen Verzweigung der Tracheen, so daß Owsjannikow 1868 ihr gänzliches Fehlen behauptete. Die glatten Tracheenzweige fand Emery mit Flüssigkeit gefüllt, was indessen Wielowiejski für ein Kunstprodukt erklärt. Ein schlingenförmiges Zusammenhängen der feinsten Tracheenzweige (Kölliker) leugnet Emery für Luc. italica, dagegen stellt Wielowiejski es für Lamp. splendidula fest. Die Tracheenkapillaren schmiegen sich eng an die Parenchymzellen an (Wielowiejski), ohne in sie einzudringen, wie Heinemann bei Pyrophorus beobachtet haben will.

Die Leuchtorgane von Lampyris sind reich mit Nerven versehen (Owsjannikow, J. de Bellesme), welche teilweise ganglionäre Anschwellungen zeigen und sensible, nicht motorische Nerven sind (Wielow.); nach J. de Bellesme stammen sie indessen vom Gehirnganglion, nicht vom Bauchnervenstrange her, weil das Leuchten freiwillig ist. Die feinsten Enden der Nerven dringen nach Owsjannikow in die Parenchymzellen bis zum Kern derselben ein; Wielowiejski dagegen erkennt nur

eine allerdings ziemlich feste Verbindung derselben mit den äußeren Protoplasmaschichten der Parenchymzellen an.

Ganz anders und in wesentlichen Punkten geradezu entgegengesetzt schildert Dubois das Bauchleuchtorgan von Pyrophorus noctilucus. Dasselbe besteht aus einem Säckchen, welches der Bauchhaut unmittelbar aufliegt, in der Ruhelage des Körpers doppelt, bei aufgeschlagenem Hinterleibe aber einfach und dann halbmondförmig ist. Dieses Säckchen steht durch einen oberhalb geteilten Stiel mit den im Hinterleibe und in der Brust unter dem Bauchnervenstrange liegenden Massen des Fettkörpers in Verbindung. Durch den Stiel, in welchem sich massenhaft Tracheen verschlingen, die aber nicht in das eigentliche Leuchtorgan eindringen, treten Zellencylinder von den erwähnten Fettkörpermassen ein und breiten sich doldenartig im Organe so aus, daß die äusseren eine obere nicht leuchtende, die inneren die untere und vordere leuchtende Schicht des Organes bilden. Der Unterschied zwischen den Zellen der leuchtenden und nichtleuchtenden Schicht besteht nur im Alter, indem die der leuchtenden Schicht ein jüngeres Stadium darstellen, die der nichtleuchtenden, welche der Zellenauflösung verfallen und mit Krystallen erfüllt sind, ein älteres.[1]) Nerven waren im Leuchtorgane nicht zu finden (was auch Heinemann berichtet).

Bezüglich der gegenseitigen Beziehung der beiden Schichten des Leuchtorganes hatte M. Schultze die Frage angeregt, ob sich etwa im Laufe des Leuchtprozesses die nichtleuchtende Schicht aus der leuchtenden als ein Produkt der Leuchtthätigkeit der letzteren entwickele. Nach Heinemann hat sich bei 4wöchentlicher Beobachtung kein merklicher Unterschied in der relativen Dicke der beiden Schichten ergeben, Emery spricht sich auf Grund der Verschiedenheit der beiden Schichten entschieden gegen die Möglichkeit aus und nur Wielowiejski erklärt sich für die letztere, da der Unterschied der die Schichten bildenden Zellen nur auf den von ihnen eingeschlossenen

[1]) Der außerordentliche Gegensatz, welchen die Darstellung Dubois, namentlich bezüglich der Tracheen, gegenüber der von Heinemann gegebenen darbietet, zwang mich, dieselbe abgesondert zu geben. Eine Einigung erscheint mir nicht möglich, so daß einer von beiden sich geirrt haben muß, falls nicht bei den verschiedenen Arten von Pyrophorus ein verschiedener Bau der Leuchtorgane vorliegt.

Körnern beruhe. Dubois endlich, welcher die obige Frage in dieser Fassung und bei der für Lampyris gegebenen Darstellung des Baues der Leuchtorgane für wenig physiologisch erachtet, hält dafür, daß die durch den Stiel vordringenden jungen Zellencylinder die älteren erschöpften nach außen und oben verdrängen.

Was die physiologische Bedeutung der Leuchtorgane betrifft, so halten Owsjannikow, J. de Bellesme, Wielowiejski und Heinemann dieselben für drüsenartige Organe, wobei Wielowiejski (und auch Dubois) in Übereinstimmung mit Leydig (gegen Kölliker und Owsjannikow) die nahe Verwandtschaft der Organe mit dem Fettkörper anerkennen (vergl. auch Haase bez. Phengodes). Eimer endlich vergleicht irrtümlicherweise die Tracheenendzellen mit den leuchtenden Nervenzellen von Phyllirrhoë.

Bei Lipura armata fand Dubois den Körper erfüllt mit unregelmäßigen Läppchen (Fettkörper), deren äußere Teile an den Seiten jedes Leibesringes vorspringende Punkte bilden. Die Zellen dieser Läppchen sind membranlos, in Degeneration begriffen und enthalten Krystallhaufen, welche mit denjenigen der Leuchtorgane von Pyrophorus noctilucus übereinstimmen.

Myriapoda. Bei Scolioplanes crassipes werden von der Oberfläche des Darmkanals grosse Zellen abgestossen, welche, in Degeneration begriffen, große Mengen von Guaninkrystallen enthalten (Dubois; dagegen hält Haase die Bauchporen (vgl. 1881 p. 71) für Erzeuger des Leuchtstoffes). Macé fand bei Geophilus simplex über und unter den Stigmen Haufen von großen Hypodermiszellen, welche an Anblick und Größe von denjenigen verschieden sind, die an anderen Stellen die Oberhaut verstärken. Diese Zellen hält Macé für gleichwertig mit den Hypodermiszellen der Fühler von Polynoë-Arten; sie sondern in sich einen Schleim ab, der im Zustande sehr feiner Körnelung den Leuchtstoff enthält.

Annelidae. Die lichtbereitenden Cirrenteile von Photocharis besitzen eine gallertartige Beschaffenheit und einen großzelligen Bau und erinnern sehr an die ebenso gebauten elektrischen Organe der Torpedos (Ehrenberg). Bei Chaetopterus pergamentaceus bestehen die den Leuchtschleim erzeugenden Drüsen aus flaschen- oder birnförmigen oder auch vieleckigen

Zellen. Der Leuchtschleim selbst enthält viele Leuchtpunkte, die aus einer feinkörnigen Masse bestehen (Will).

Die rosettenförmigen Organe von Tomopteris sind blasenförmige Räume und enthalten einen kugeligen Körper, der aus meridianartig zu einander gestellten, gelben, mit körniger Substanz gefüllten Schläuchen besteht. Die große Rosette in den vorderen Fußstummeln von Tom. Mariana ist orangerot und von einer ebenso gefärbten, rosettenförmigen Blase umschlossen. Von Innen treten an diese Organe Nerven, welche bis in die Rosette eindringen.

Mollusca. Phyllirrhoë bucephalum. Leuchtend sind die Ganglien. Diese sind von körnigem Inhalte und verschiedener Größe; außerdem finden sich an der ganzen Körperoberfläche und namentlich in den Tentakeln an den feinsten Nervenverzweigungen kugelige lichtbereitende Zellen, welche außer dem Kerne noch je einen kugeligen, gelben, lichtbrechenden Körper enthalten (Panceri).

Pholas dactylus. Die Leuchtorgane sind Epithelfalten; die Erhöhung wird gebildet vom Bindegewebe der Haut. Die Zellen des Leuchtepithels sind schwer unterscheidbar und leicht zerbrechlich; sie enthalten außer dem Kerne sehr feine Körnchen und fettige Tropfen. Die Leuchtzellen liegen nicht ganz äußerlich, sondern tiefer und sind gewissermaßen eine Absonderung, die nach außen ergossen wird. Die Nerven und Gefäße der Organe stammen wesentlich aus den Nervenverzweigungen und Capillarnetzen des Mantels (Panceri).

Pyrosoma. Die Leuchtorgane bestehen ausschließlich aus sphärischen Zellen, welche ohne Kern und Membran im Blute der Lakunen zwischen den beiden Tegumenthüllen schwimmen. Seine Nerven empfängt das Organ wahrscheinlich von der Haut her; Reize werden mittelst des den Ascidien gemeinsamen Muskelsystems fortgepflanzt (Panceri).

Coelenterata. Beroë: Der gelbliche Leuchtstoff ist in zahllose Bläschen eingeschlossen, welche die Gefäßstämme scheidenförmig umgeben. Das Leuchtepithel von Pelagia noctiluca besteht aus Zellen, welche außer dem Kerne Haufen von kleinen, gelben, lichtbrechenden Körnchen enthalten. (Ebenso bei Abyla pentagona und Praya cymbiformis.) Auch bei Cunina moneta ist das Epithel, welches als dichtes homogenes Häutchen die leuchtenden Teile (Tentakeln u. s. w.) bedeckt, aus

vieleckigen, mit Fett gefüllten Zellen zusammengesetzt und enthält in seiner Tiefe zahlreiche, stark lichtbrechende Körperchen.

Pennatula. Die Leuchtschnüre bestehen aus einer in Zellen oder Bläschen eingeschlossenen fettartigen Substanz. Bei Cavernularia pusilla sind die leuchtenden Mundpapillen aus einer derjenigen der Beroëditen ähnlichen Substanz zusammengesetzt.

§ 5. Chemische Struktur der Leuchtorgane.

a. Leuchttiere des Landes. So groß das Interesse war, welches diese Frage seit alter Zeit erregte und so vielfach daher auch über derselben gearbeitet worden ist, so ist doch im ganzen erst recht wenig zur Aufklärung derselben entdeckt worden. Die wichtigsten unter den Punkten, über welche bisher bezüglich dieser Frage gestritten worden ist, sind folgende:

1) Ist Phosphor im Leuchtorgane vorhanden? Vorhandensein von freiem Phosphor nahmen nur die älteren Untersucher an (Geoffroy, Forster, Carradori, Peters); die neueren erklären sich teils für das Vorhandensein gebundenen Phosphors (wie Joseph, Blanchet, Schnetzler, Leydig, Heinemann), teils leugnen sie dasselbe, wie namentlich Kölliker, dem indessen die von Heinemann angestellte Aschenanalyse widerspricht.

2) Besteht die Grundsubstanz des Leuchtorgans aus Fett oder Eiweiß? Auch hier stehen die älteren Forscher, welche sich wie Morren, Peters, für die Fettartigkeit der Leuchtmasse entscheiden, den neueren gegenüber, welche die Grundsubstanz für eiweißartig erklären (Kölliker, Reichardt, Lindemann, Wielowiejski).

Die Leuchtorgane reagieren nach Reichardt neutral, nach Heinemann und Dubois dagegen entschieden sauer.

3) Ist die Leuchtsubstanz gasförmig oder nicht? Für das erstere sprechen sich meines Wissens nur J. de Bellesme und Enell aus, welche dieselbe für Phosphorwasserstoffgas erklären. Gegen diese Annahme spricht indessen die Beobachtung Dubois, daß dieses Gas tödlich auf Pyrophorus wirkt und namentlich auch das Licht auslöscht.[1]) Die übrigen Autoren

[1]) Auch Heinemann hält das Vorhandensein eines in Dampfform die Tracheen erfüllenden Leuchtstoffes für möglich, weist aber die Annahme, daß dieser Phosphorwasserstoff wäre, entschieden zurück.

sprechen meist nur von einem Leuchtstoffe, ohne sich über dessen Erscheinungsart und chemische Beschaffenheit genauer zu äußern. Wir finden nur folgende Angaben: Phipson glaubt bei allen Leuchttieren (auch denen des Meeres) an einen in größter Reinheit bei Myriapoden auftretenden Leuchtstoff, welchen er als eine graue, klebrige, nach Kapronsäure riechende Substanz darstellt. Dieser Stoff ist indessen, wie Radziszewski und Dubois richtig bemerken, wohl kaum ein chemisch einfacher Körper, sondern ein Gemisch sehr verschiedenartiger Substanzen.

Heinemann entdeckte, daß bei Pyrophorus in den thätigen Leuchtorganen ein gelbgrüner, diffus in den Zellen verbreiteter Farbstoff entstehe; derselbe werde zwar meist eben so schnell verbraucht als erzeugt, lagere sich aber häufig in Gestalt von Schollen ab und könne auch fixiert werden. Dubois endlich erklärt die Leuchtsubstanz für eine diastaseartige Eiweißmasse, welche mit einem andern Stoffe in Wechselwirkung trete.

4) Entstehen beim Leuchtprozesse, d. i. bei der chemischen Umwandlung des Leuchtstoffes, auf welchem die Lichterzeugung beruht, Umsatzprodukte und welcher Art sind dieselben?

Dem Vorgange Kölliker's folgend erklärten sich fast alle späteren Untersucher dafür, daß die in den Uratzellen in Körnerform aufgespeicherten Umsatzproducte harnsaure Salze und zwar harnsaures Ammoniak seien, nur ist Heinemann auf Grund seiner Aschenanalyse der Meinung, daß die in den Salzen vorhandene Basis mehr Kalk oder Kali als Ammoniak sei. Dubois aber, dessen Ansicht über die obige Theorie wir oben schon dargelegt haben, erklärt die in den Zellen beider Schichten des Leuchtorganes vorhandenen Körner für Guanin.

b. Seetiere. Im Gegensatze zu den Leuchtkäfern ist die Anzahl derjenigen Untersucher, welche sich über die chemische Zusammensetzung der Leuchtorgane bei den Seetieren äußern, mehr als gering und kommen für uns nur die Angaben Panceris in Betracht. Derselbe erklärt den Leuchtstoff von Pelagia noctiluca, Cunina moneta und Pennatula für fettartig, beobachtete, daß derjenige von Pholas, Pyrosoma, Phyllirrhoë und Beroë in Äther und Alkohol löslich sei, und daß ferner bei Pyrosoma im Leuchtstoffe außerdem noch eine eiweißartige und bei Beroë eine in Äther gerinnende (also wohl ebenfalls eiweißartige) Substanz enthalten sei. Diese letzteren Thatsachen gewinnen

im Lichte der Dubois'schen Entdeckungen um so mehr an Bedeutung, als letzterer neuerdings (De la fonction photogénique chez le Pholas dactylus. Compt. rend. 105 p. 690[1]) im Leuchtstoffe von Pholas dactylus 2 Stoffe entdeckt hat, deren chemische Verbindung in Gegenwart von Wasser das Leuchten hervorruft. Es sind dies das Luciferin, welches im krystallinischen Zustande erhalten wurde und in Wasser, Benzin und Äther, wenig in Alkohol löslich ist und die Luciferase, welche, zu den löslichen Fermenten gehörig, die allgemeinen Eigenschaften der Diastase und der ähnlichen Körper besitzt.

Abschnitt II. Eigenschaften des tierischen Lichtes.

§ 6. Farbe des Lichtes.

Dieselbe ist bei den meisten Tieren grün, gelb oder blau, mitunter aber auch weiß (Pholas) und wird wesentlich durch die Farbe der Hautstellen beeinflußt, durch welche hindurch es gesehen wird. Das Licht der Lampyriden und Elateriden ist meist grünlich oder gelblich; die Angaben über dasselbe weichen z. T. ganz außerordentlich von einander ab, so daß ich bei dem mir vergönnten Raume nicht auf die einzelnen z. T. bilderreichen Beschreibungen eingehen kann. Das Licht der Eier von Pyrophorus ist bläulich. Die von Reinhardt, Weyenberg u. v. Ihering beschriebenen Tiere, wie erwähnt, wahrscheinlich Weibchen von Phengodes-Arten, leuchteten am braunroten Kopfe sämtlich in roter Farbe, während der Hinterleib aus 10 Punktepaaren grünliches Licht ausstrahlte. Fulgora pyrrhorhynchus soll nach Donovan tiefpurpur und scharlachfarben leuchten. Eine der schönsten Erscheinungen bietet Pyrosoma dar, bei welcher (P. atlanticum) folgende Farben auftreten: rot, rosenrot, orange, grünlich, ultramarinblau (Péron und Bennet vergl. Coldstream); P. giganteum strahlt dagegen ein azurblaues Licht aus (Panceri). Die Medusen geben meist ein grünliches Licht, doch ist dasjenige von Medusa phosphorea (Mohnicke) und Cestum (Giglioli vergl. Panceri) gelblichrot. Webster berichtet, daß er bei Medusen einen Farbenwechsel beobachtet habe, ähnlich dem bei Pyrosoma beschriebenen.

---

[1]) Nach brieflicher Mitteilung des Herrn Dr. Haase. Dresden.

Noctiluca miliaris leuchtet weiß, bläulich oder grünlich, je nachdem sie sich im Zustande der Ruhe oder Bewegung befindet, und nach der Masse, in der sie auftritt (Quatrefages). Die Peridinien geben nach Ehrenberg einen gelblichen Schein.

§ 7. Art des Leuchtens.

Wir unterscheiden zunächst die Tiere, welche an sich leuchten, sei es nun vermöge eigener Leuchtorgane oder nicht, von denjenigen, welche, ohne selbst zu leuchten, nur lichtverbreitende Stoffe ausstoßen.

Bei ersteren, welche die bei weitem größte Zahl der Leuchttiere bilden, kann man 3 Arten des Lichtes aufstellen, nämlich 1) konstantes, 2) funkenförmiges, 3) wellenförmiges Leuchten.

1) Konstantes, d. h. im wesentlichen gleichförmiges, nur geringe Unterschiede in der Stärke darbietendes Licht geben: Scymnus fulgens, Lampyris noctiluca und splendidula bei voller Leuchtkraft, der Kopf der Phengodes-Weibchen, die Pyrophorus-Arten, Chironomus tendeus (Brischke), Lumbricus (Cohn), Pholas dactylus (bis $^1/_2$ Stunde lang), sowie die Eier von Lampyris und Pyrophorus noctilucus und die kranken und toten Noctiluca miliaris (Quatrefages).

2) Funkenförmiges Leuchten in regelmäßigen Zwischenräumen zeigen: Luciola italica[1]) und zwar das Männchen regelmäßiger als das Weibchen, die brasilianischen Lampyriden (v. Ihering), Luciola perpetiuscula Kolbe; ohne Regelmäßigkeit: Luciola lusitanica (Eaton) die kleinen Meeres-Anneliden und Ophiuren (Quatrefages), Phyllirrhoë bucephala, Oceania Blumenbachii (Rathke), Reniera sp. (Noll) und die Leuchtinfusorien Noctiluca, Peridinium, Ceratium u. s. w.

3) Wellenförmige Lichterscheinungen zeigen die Myriapoden (Richard), bei welchen der abgesonderte Schleim jedoch konstant leuchtet, und die meisten Coelenteraten, bei welchen sich Lichtströme in verschiedener Richtung und mit meist meßbarer Geschwindigkeit entwickeln, so bei Beroë, Pelagia noctiluca, Pennatula und Cavernularia (Panceri).

Mit der Art des Auftretens und Verschwindens des Lichtes in den Leuchtorganen, namentlich der Käfer, haben sich die

---

[1]) Nach Peragallo soll beim Leuchten ein sprudelnder Schleim hervortreten, was ganz unglaublich ist.

neueren Forscher sehr eingehend beschäftigt. Als Resultat dieser Untersuchungen von Owsjannikow, J. de Bellesme, Emery, Heinemann und Dubois darf angesehen werden, daß das Licht niemals auf einmal im ganzen Leuchtorgane, sondern an einzelnen z. T. genau bestimmten Punkten beginnt und sich von da erst über die ganze Fläche verbreitet. Aber selbst bei vollstem Leuchten giebt es in dem Organe immer dunkle Stellen, insbesondere bilden bei Luciola italica die Lichtstellen helle, die Parenchymzellen andeutende Ringe, während die von ihnen eingeschlossenen dunklen Flecken dem zentralen Teile der acini digitiformi entsprechen.

Über das Ausstoßen leuchtender Stoffe durch selbst dunkle Tiere haben wir nur wenige und z. T. nicht ganz sichere Berichte. So soll der von Brachinus africanus und crepitans ausgestoßene, nach Chlor riechende Dampf nachts leuchten (Reiche). Eydoux beobachtete, daß gewisse kleine Crustaceen einen Leuchtstoff absonderten, der sie wie eine leuchtende Atmosphäre umgab und Noll sah in seinem Aquarium 2 kleine leuchtende Dampfwolken aufsteigen und zwar aus einer Gegend, in welcher sich nur eine dunkle Schwimmkrabbe befand.

§ 8. Spektrum des tierischen Lichtes.

Murray berichtet 1827, daß das Licht der Lampyriden einfarbig zu sein und durch das Prisma nicht weiter zerlegt zu werden scheine. Fast 40 Jahre später wurden infolge des Ausschreibens einer Preisaufgabe über Lampyris seitens der Academia Caesarea Leopoldina die Untersuchungen wieder aufgenommen und sind seitdem an den verschiedensten Leuchttieren gemacht worden, nämlich an Lampyris, Pyrophorus, Lumbricus, Pholas, Pyrosoma, Pelagia noctiluca, Alcyone papillosa und Umbellularia. Für das Licht aller dieser Tiere gilt der schon von Becquerel: La lumière 1867 I p. 419 aufgestellte Satz, daß das tierische Licht stets ein glattes, kontinuierliches Spektrum ohne dunkle Linien ergeben habe (vergl. auch Pasteur). Die weiteste Ausdehnung des Spektrums geben an: Lehmann, Secchi und J. de Bellesme für Lampyris, Heinemann, Aubert und Dubois für Pyrophorus und Secchi für Pyrosoma, indem nach ihnen alle Spektralfarben mit Ausnahme des Violett im Spektrum auftreten, wobei das blaue und rote Ende jedoch sehr beschränkt sind. Als Grenzen werden angegeben die

Fraunhofer'schen Linien etwa a und F (Aubert und Dubois). Am stärksten scheint Grün (Strahlen von der mittleren Wellenlänge 0,530) nach den genannten Beobachtern vertreten; es verschwindet außerdem beim Nachlassen des Lichtes zuletzt und tritt beim Wiedererscheinen zuerst wieder auf. Weniger umfangreiche, aber immer noch mehrfarbige Spektren erhielten Schnauß an Lampyris, Young an Pyr. noctilucus, Thomson bei Umbellularia (vergl. Mac Intosh).

Monochromatisch erschien das Licht dagegen von Pholas dactylus (ein azurblaues Band zwischen den Linien E und F), Pelagia noctiluca (blaßgrüner Streifen), Beroë albens und Alcyone papillosa (Panceri). Interessant ist, daß das Spektrum des von Lophin ausgestrahlten Lichtes ebenfalls streifenlos ist und zwischen den Linien D und F liegt. Es läßt somit nur das blaue und rote Ende vermissen und kommt am stärksten beiderseits der Linie E zur Geltung. (Radziszewski.)

§ 9. Stärke des Lichtes.

Die zahlreichen Untersuchungen aus alter und neuer Zeit über die Stärke des tierischen Lichtes leiden, abgesehen von denjenigen Dubois, alle mehr oder minder an dem Fehler, daß sie subjektiver Art sind. Es wird die Lichtstärke gemessen durch die Lesbarkeit von Buchstaben oder Uhrziffern, durch die Sichtbarkeit des Tieres oder seines Lichtes in verschiedener Entfernung, endlich durch Vergleichung (nicht Messung) mit anderen natürlichen oder künstlichen Lichtquellen.

Buchstaben können gelesen werden beim Lichte von Lampyris (J. de Bellesme), Pyrophorus (Heinemann), der Raupe von Noctua occulta (Gimmerthal), des Schleimes von Myriapoden; bei Meerleuchten oft in 4—5 Fuß Entfernung (Humboldt 1883 p. 35). Beim Leuchten von 5—6 Kaffeelöffeln von Noctiluca miliaris, die auf einem Filter ausgebreitet wurden, sind die Uhrziffern in ein Fuß Entfernung erkennbar (Quatrefages).

Ein hellleuchtendes Weibchen von Lampyris, das, den Hinterleib nach oben gerichtet, auf einem Grashalme sitzt, ist auf 150 bis 200 m sichtbar (J. de Bellesme). Das Licht der neuseeländischen Dipterenlarve war auf mehrere Fuß Entfernung sichtbar.

Pholas dactylus ist bei seinem Lichte in allen Teilen deutlich erkennbar (Panceri), dasselbe gilt von Mnemiopsis Leidyi (Agassiz vergl. Mac Intosh).

Das Licht von Lamp. noctiluca (Templer, J. de Bellesme), Pyrophorus (Heinemann) ist auch bei vollem Tageslichte, das von Cunina moneta (Panceri) nur bei trübem Wetter am Tage erkennbar. Das Licht von Myriapoden (Shaw cfr. Richard) wird durch dasjenige von 2 Kerzen, das Licht von Syllis durch Lampenlicht nicht ausgelöscht. Eine Schicht Noctiluca miliaris von 15 mm Durchmesser und 10 mm Höhe ist auf 1 m Entfernung kaum von dem Lichte einer gewöhnlichen Kerze zu unterscheiden (Quatrefages).

Wertvoller, weil bestimmter, sind die Angaben von Dubois. Derselbe schätzt die Lichtstärke eines Pyrophorus (Brustorgane) auf $^1/_{150}$ Normalkerze (8 auf 1 Pfund). Die grüne Farbe des Lichtes erschwert die genaue Feststellung, macht sie beziehungsweise unmöglich. Charakter 11 der Donders'schen Stufenleiter konnte, beleuchtet von einem Pyrophorus, der 13 cm entfernt gehalten wurde, auf 2 m, beim Lichte einer ebenso weit entfernten Normalkerze auf 8,30 m Entfernung gelesen werden. Die Fähigkeit des Pyrophorus-Lichtes sichtbar zu machen (L'intensité visuelle) ist also sehr bedeutend.

§ 10. Chemische, physikalische und physiologische Wirkungen des tierischen Lichtes.

Schnauß war meines Wissens der erste, welcher 1862 die Organe einer Lampyris sich selbst abphotographieren ließ. Lag das Tier unmittelbar auf der empfindlichen Platte selbst, so ergab ein Exponieren von 5 Minuten ein deutliches Negativ, dessen Schwärzung etwa so groß war wie diejenige, welche Sonnenlicht in $^1/_2$ Sekunde bewirkt, so daß danach das Licht von Lampyris in chemischer Hinsicht etwa 600 mal schwächer zu schätzen ist als Sonnenlicht. Beim Lichte von Pyrophorus konnten Dubois und Aubert Holzschnitte von 20 cm Länge bei einem Exponieren von 5—20 Minuten abphotographieren; dagegen zeigten sich lichtempfindliche Platten, welche Dr. Enwall in fest verschlossenen Flaschen in die Tiefe des arktischen Meeres herabließ, nach 12 Stunden noch völlig unverändert (Nordenskjöld).

Schwefelcalcium 5 Minuten durch einen Pyrophorus beleuchtet, phosphoreszierte schwach, aber deutlich einige Zeit; Eosin und salpetersaures Uranoxyd fluoreszieren sichtbar unter

dem Lichte, dagegen nicht schwefelsaures Chinin und eine Ätherlösung von Chlorophyll (Aubert und Dubois).

(Das Licht von Pyrophorus ist nicht polarisiert, kann demnach auch nicht, wie Kölliker annimmt, von den Körnern der Uratschicht reflektiert sein (Dubois).)

Der Farbensinn wird durch das Pyrophorus-Licht, ungeachtet dessen grüner Farbe, nicht beeinträchtigt; man erkennt in demselben leicht alle Farben mit Ausnahme von Tiefblau und Violett, die in dem Spektrum des Lichtes fehlen (Dubois).

Das Licht von Lampyris bringt im Dunkeln in der Nähe und fest betrachtet, eine eigentümliche Erschütterung auf der Netzhaut hervor, so daß es unmöglich ist, den Umfang des Leuchtapparates mit Sicherheit anzugeben. Dauernd ist der Eindruck nicht, denn Nachbilder bringt er nicht hervor (vergl. auch Dubois), es kann daher diese Wirkung nicht der Stärke des Lichtes zugeschrieben werden (J. de Bellesme).

Interessant ist die Wirkung eines Meerleuchtens, welches Henderson 1821 beobachtete. Dasselbe war so stark, daß jeder, der seine Augen auf das Meer heftete, bald Schwindel, Kopf- und Augenschmerzen und leichtes Unwohlsein empfand; Henderson selbst war bis zum anderen Morgen mit dieser Wirkung behaftet (vergl. Coldstream, Ehrenberg).

§ 11. Wärme, die mit dem Leuchten verbunden ist.

Abgesehen von Templer, der an einer hellleuchtenden Lampyris bedeutende Hitze verspürt zu haben meint, ergaben alle älteren und neueren Untersuchungen, daß beim tierischen Leuchten keine oder nur wenig Wärme erzeugt wird. So konnte Girard an Luciola italica zwar Unterschiede der inneren Temperatur gegen die äußere, aber nicht solche der Leuchtorgane gegen den übrigen Körper entdecken. Dasselbe stellten Dieckhoff, Matteucci und Joseph bei Lampyris, Ehrenberg für leuchtendes Seewasser, Quatrefages für eine bedeutende Noctiluca-Schicht fest, ebenso Panceri für Pholas, Pyrosoma, Medusen, Siphonophoren und Pennatula. Letzterer untersuchte mit Süßwasser angefeuchtete Leuchtorgane von Pholas dactylus mittelst einer Thermosäule von 196 Elementen, ohne auch nur den leisesten Ausschlag der Galvanometernadel wahrnehmen zu können. Dagegen stellte Dubois mit einer Thermosäule fest, daß der Wärmeausschlag im Galvanometer

für die leuchtende Fläche 1,8°, für die nichtleuchtende aber nur 0,85° betrug, so daß dem Leuchten eine Nadelablenkung von 0,95° zugeschrieben werden kann. Ein empfindliches Radiometer wurde dagegen durch 12 Leuchtorgane von Pyrophorus nicht beeinflußt.

Diese Ergebnisse widersprechen, wie Radziszewski bemerkt, keineswegs der Annahme, daß es sich beim Leuchten um einen Oxydationsprozeß handele, da derselbe einmal sehr langsam und dann an unendlich kleinen Mengen vor sich gehe.

§ 12. Geruch beim Leuchten.

Der früher allgemein verbreiteten Ansicht entsprechend, daß das tierische Licht auf der Verbrennung von Phosphor beruhe, mußte die Frage entstehen, ob nicht beim Leuchten Phosphorgeruch sich entwickele; indessen erklären sich hierfür fast nur Gould bei Lampyris und Mac Intosh bezüglich Chaetopterus, während z. B. Dieckhoff und Joseph bei Lampyris sich entschieden dagegen aussprechen. Carradori (bei Luciola italica) und J. de Bellesme bei Lampyris vergleichen den Geruch der Leuchtorgane mit demjenigen von Knoblauch, womit sich Wielowiejski nicht einverstanden erklärt. Der von einigen Myriapoden der Inseln des stillen Ozeans abgesonderte Leuchtschleim soll nach Salzsäure riechen (Coldstream).

Quoy und Gaymard berichten, daß beim Vorhandensein vieler Meeresleuchttiere ein starker Ozongeruch entstehe, und Jackson vergleicht auch den Geruch einer leuchtenden Lampyris mit dem von Ozon (vergl. Gould). Indessen hat Dubois in Gefäßen, welche stundenlang leuchtende Pyrophorus enthalten hatten, kein Ozon nachweisen können. Der Geruch der eingeschlossenen Luft war eigentümlich, nicht ozonartig; sollte also Ozon gebildet werden, so müßte es eben so schnell verbraucht werden.

Abschnitt III. Einwirkung äufserer (physikalischer) Verhältnisse auf das Leuchten.

§ 13. Einfluß von mechanischen Reizen.

Die Wirkung von mechanischen Reizen, wie Kitzeln, Streichen, Zerren, Reiben u. s. w. wird von fast allen Untersuchern als eine sehr erhebliche hingestellt; so zählt Dubois

dieselben unter die wirksamsten Reize, welche jedenfalls infolgedessen auch imstande sind, bei allzu häufiger Anwendung die zum Versuche benutzten Tiere (Pyrophorus) zu ermüden. Ebenso erkennen Cohn für Lumbricus und Will für Chaetopterus die lichterregende Wirkung dieser Reize an. Dagegen haben nach J. de Bellesme und Heinemann Lampyriden und Pyrophoriden die Fähigkeit, dem Reize zu widerstehen, namentlich wenn derselbe nicht unmittelbar auf das Leuchtorgan wirkt.

Die meisten Meertiere leuchten überhaupt nur bei äußeren Reizen und gerade hierauf beruhen die schönen Lichterscheinungen, von welchen die Reisenden nicht genug berichten können. Während nämlich in der ganz ruhigen See nur vereinzelte Leuchtpunkte sich zeigen, flammen an Stellen, wo das Wasser durch einen Fisch, ein Boot, Schiff oder den Wind erregt wird, glänzende Strahlen, Flecken oder Kugeln auf und setzen, scheinbar sich ausbreitend, weite Flächen in Flammen. Direkte Versuche über die Einwirkung der mechanischen Reize, insbesondere der Bewegung des Wassers sind angestellt worden an Medusen und zahlreichen anderen Seetieren von Macartney und Mac Culloch; am interessantesten aber haben sich die Wirkungen des Druckes auf Noctiluca nach Quatrefages erwiesen.

§ 14. Einfluß von Geräuschen auf das Leuchten

wurde bisher nur von Macaire und J. de Bellesme an Lampyriden beobachtet; nach ersterem löscht ein hellleuchtendes Weibchen bei lautem, nach letzterem die Larve beim geringsten Geräusche das Licht aus; hervorgerufen dagegen wird nach Dubois das Licht eines Pyrophorus nur durch ein sehr starkes Geräusch.

§ 15. Einfluß von natürlichem und künstlichem Lichte auf das Leuchten.

Einige Beobachter, wie Macaire (für Lampyris) und Coldstream (für Scolopendra electrica) stellten die Behauptung auf, daß dauernde Entziehung von Sonnenlicht die Leuchtkraft dieser Tiere beeinträchtige, dagegen ein kurzer Aufenthalt in demselben das Licht wieder herstelle. Indeß haben Todd, Joseph und Dubois das Irrige dieser Ansicht erwiesen, ja Murray, J. de Bellesme und Heinemann stellten (für Lamp. und

Pyroph.) fest, daß Sonnen- und Kerzenlicht die Phosphoreszenz beeinträchtigen. Letzterer schreibt dies der einschläfernden Kraft dieser Lichtquellen, sowie auch des Mondlichtes zu; indessen werden Pyrophorus (nach Dubois), sowie auch die Männchen von Phengodes (Haase) vom Lichte angezogen.

Phyllirrhoë, Pyrosoma und Pelagia noctiluca werden durch directes Sonnen- oder Tageslicht nicht beeinflußt, während Beroë durch diese und durch künstliches Licht schnell ihrer Leuchtkraft beraubt wird, welche sich erst durch einen $^1/_4$ bis $^1/_2$ stündigen Aufenthalt im Finstern wieder herstellt. Mondlicht wirkt auf Beroë nur dann lichtschwächend, wenn es das Tier direkt trifft; doch ist die Wirkung nicht anhaltend. Nach Macartney ziehen sich die Leuchtmedusen bei Mondlicht von der Oberfläche zurück und Czerniavsky berichtet, daß die leuchtenden Kruster (Larven im Megalopa-Stadium) und Anneliden des schwarzen Meeres bei Mondlicht schwächer phosphoreszieren als sonst.

§ 16. Einfluß der Wärme und der Feuchtigkeit auf das Leuchten.

Zahlreiche Untersuchungen an Lampyriden und Pyrophoriden aus älterer und neuerer Zeit haben dargethan, daß das Leuchten nur beim Vorhandensein von Feuchtigkeit und innerhalb gewisser Temperaturgrenzen vor sich geht. Die Angaben über diese letzteren schwanken ziemlich stark und dürften sich die Verschiedenheiten wesentlich durch die Anwendung trockener oder feuchter Wärme erklären lassen. Sicher ist, daß trockene Wärme kein Reizmittel ist (Dieckhoff, J. de Bellesme, Kaiser); wohl aber eine mäßige Wärme (40° C.) bei vorhandener Feuchtigkeit. Interessant ist, daß die Behauptung Owsjannikow's, daß das Leuchten der Organe von Lamp. noctiluca im geraden Verhältnisse zu der Feuchtigkeit derselben stehe, durch die Beobachtungen von Dubois über das Leuchten der Eier von Pyrophorus ihre volle Bestätigung gefunden hat, indem im Austrocknen begriffene, nicht mehr leuchtende Eier zu leuchten begannen, wenn man ihnen frisches Laub, Gras u. s. w. näherte, ohne sie zu berühren.

Aus dieser Abhängigkeit von Wärme und Feuchtigkeit erklärt sich auch die geographische Verbreitung der Leuchtinsekten (siehe § 27), das Auftreten derselben in besonders

feuchten Gegenden (Nebel begünstigen das Leuchten der Lampyriden nach Moufet, Oken, Cuvier und der Elateriden nach Spix und Martius, vergl. Ehrenberg 1834 p. 512 Anm.), endlich das fast ausschließliche Erscheinen des Phänomens während der Sommermonate in mittleren Breiten (nach Newport leuchten Lampyris-Larven im Winter nicht).

Über den Einfluß der Wärme auf Seetiere sind Untersuchungen meines Wissens nur von Panceri bezüglich Phyllirrhoë, Pholas, Pyrosoma und einiger Medusen und von Quatrefages bezüglich Noctiluca angestellt worden. Als höchste Temperaturgrenze zeigte sich bei Pholas 75° C., als niedrigste bei Pyrosoma und Noctiluca — 1° C.; letztere wird durch zunehmende Wärme stark zum Leuchten gereizt, stirbt aber bei 40°.

Nordenskjöld fand Krebse im Schnee noch bei — 10° leuchtend und Koch berichtet, daß Leuchttiere, in Eis eingeschlossen, noch geleuchtet hätten.

§ 17. Einfluß der Elektrizität und des galvanischen Stromes auf das Leuchten.

a. Elektrizität

ist nach Macaire auf Lampyriden ohne Einfluß, dagegen tötet ein Schlag einer starken Leydener Flasche einen Pyrophorus sofort, wobei der Hinterleib des Tieres hell aufleuchtet; dieses Licht bleibt bis 12 Stunden nach dem Tode des Tieres bestehen (Dubois). Auch bei Noctiluca (Quatrefages), Pelagia noctiluca (Panceri) bewirkt Elektrizität helles Aufleuchten, während sie auf Pholas und Beroë nur geringen Einfluß ausübt (Quatrefages).

b. Galvanische Ströme.

Von den älteren Untersuchungen abgesehen, welche eigentlich nur die Wirkung des galvanischen Stromes als lichterregend (auf Lampyris) ergeben haben (Macaire, Todd, Joseph, Kölliker) kommen hier nur 2 neue wichtige und eingehende Untersuchungsreihen in Betracht, die beide an Pyrophorus gemacht sind, von Heinemann und Dubois. Leider haben dieselben an verschiedenen Organen ihre Versuche angestellt, Heinemann an den ausgeschnittenen Bauchleuchtorganen, Dubois an den Brustorganen betäubter oder getöteter Tiere; ebenso

hat Dubois mehr mit induzierten, Heinemann mehr mit konstanten Strömen gearbeitet. Die Ergebnisse sind daher nur schwer vergleichbar; indessen kann man doch sagen, daß beide zu wesentlich entgegengesetzten Resultaten gelangt sind, schon insofern, als Dubois einen großen Teil der Erregung des Organes durch den Strom der Wirkung desselben auf die Muskeln[1]) zuschreibt und nach dem Aufhören der Muskelthätigkeit nur noch eine schwache Erregung des Lichtes zugesteht; Heinemann aber, dem allerdings das Vorhandensein von Muskelbündeln an der inneren Fläche des Bauchorganes bekannt war, arbeitete, wie gesagt, mit ausgeschnittenen Organen, bei welchen eine Beeinflussung durch die Thätigkeit dieser Muskeln doch wohl nicht annehmbar ist.

1. Konstante Ströme.

Nach Heinemann geht die Erregung der Leuchtorgane von der Kathode (Eintrittsstelle des negativen Stromes) aus, gerade so wie bei den Muskeln, nach Dubois tritt bei den Brustorganen das Gegenteil ein.

Die Wirkung des konstanten Stromes ist nach Heinemann wesentlich von der Stärke und der Dauer desselben abhängig; schwache Ströme hemmen, stärkere erregen das Licht; bei kurzer Stromdauer bleibt die Erregung auf die Kathodenhälfte des Organs beschränkt, bei längerer setzt sie sich nach dem anderen Pole zu mehr oder minder fort. Die Erscheinungen beim Öffnen des Stromes sind weit unregelmäßiger als die bei seinem Schlusse, indem bald Verdunkelungen, bald Erregungen des Lichtes an dem einen oder anderen Pole auftreten. Heinemann schreibt die Erregungen der elektrolytischen Wirkung des Stromes zu, für welche unter anderem auch die von Dubois beobachtete Thatsache spricht, daß der Draht am positiven Pole nach längerer Stromdauer stark zerfressen und mit einer Flüssigkeit behaftet war, welche Lackmuspapier rot färbte, also sauer war.

2. Induzierte Ströme.

Die Wirkung derselben ist nach Heinemann geringer als diejenige der konstanten Ströme (was derselbe ihrer schwächeren elektrolytischen Kraft zuschreibt); im ganzen ist die Wirkung

[1]) Diese Muskeln, deren mehrere Bündel vom Chitinskelete ausgehen, öffnen dem Blutstrome den Eingang in das Leuchtorgan und sind auch beim Springen der Käfer thätig.

abhängig von der Stärke des Stromes, der Häufigkeit der Unterbrechungen und der Reizbarkeit des Organes. Hiermit stimmen im allgemeinen die Resultate von Dubois überein, nur hebt derselbe hervor, daß sehr starke Ströme sehr lichterregend wirken, aber die Organe schnell erschöpfen.

Interessant ist die Beobachtung Dubois', daß Reizungen des Bauchnervenstranges ohne Einfluß auf das Leuchten sind und dieses sogar nach dem Herauspräparieren des Stranges noch hervorzurufen ist. (Die gegenteilige Beobachtung A. von Humboldt's ist somit jedenfalls nicht richtig.)

Bezüglich der Seetiere finden wir, daß der galvanische Strom bei Thaumantias mediterranea und Beroë ein sehr schönes, kräftiges Leuchten hervorruft, dagegen bei Phyllirrhoë, Pholas, Pyrosoma und Pelagia noctiluca ziemlich einflußlos ist, vermutlich wegen der geringen Leitungsfähigkeit in den Geweben verschiedener dieser Tiere (Panceri).

Abschnitt IV. Einwirkung äufserer (chemischer) Verhältnisse auf das Leuchten.

§ 18. Wirkung der Einsenkung in den luftleeren Raum.

Abgesehen von den beiden ältesten Untersuchern dieser Frage (Carradori, Hermbstaedt), welche Lampyris im Vakuum der Luftpumpe fortleuchten sahen, stimmen alle späteren von Macaire bis Dubois darin überein, daß das Licht der Leuchtkäfer im luftverdünnten Raume erlischt und nach Luftzutritt wieder erscheint. Das letztere fand jedoch nach längerem Aufenthalte unter einem Drucke von 50 cm Quecksilber erst recht spät statt, nämlich nach 3 Tagen, während die Bewegungsfähigkeit des Tieres (Pyroph.) nicht erheblich gelitten hatte. Ein barometrischer Druck von 3 cm Quecksilber bewirkt schon nach 15 Minuten völliges Erlöschen der Bewegungen und des Leuchtens, beim Luftzutritt erscheint das Licht sofort, dann erst treten Bewegungen ein (Dubois).

Die Schwierigkeit der einschlägigen Versuche erklärt es, daß nur ein hierher gehöriger Versuch an einem Seetiere und zwar an Noctiluca gemacht worden ist. Danach leuchteten die Tiere im luftleeren Raume hell während $1^1/_4$ Stunden, dann starben sie und verbreiteten nur noch das beständige Licht (§ 7); auch Einführung von atmosphärischer Luft stellte das Leuchten nicht wieder her (Quatrefages).

§ 19. Wirkung von Gasen und Dämpfen auf das Leuchten.

Forster tauchte 1783 eine Lamp. splendidula in Sauerstoff und beobachtete eine bedeutende Zunahme der Lichtstärke. Dieser Versuch ist für die Richtung, welche die Untersuchungen über die Leuchttiere nahmen, von großer Wichtigkeit gewesen und deshalb von fast allen, welche sich mit dem Leuchten der Käfer experimentell beschäftigten, wiederholt worden. Das Ergebnis war teils positiv (Macaire, Matteucci), teils negativ und haben besonders neuere Untersucher, wie Gould, Joseph, Kölliker und Dubois den Sauerstoff als nicht lichterregend erkannt, ja letzterer wies nach, daß nicht nur bei gewöhnlichem Luftdrucke, sondern auch bei vermindertem (bis 3 cm Quecksilber) und erhöhtem (5 Atmosphären) Pyrophorus sich im Sauerstoff genau so wie in atmosphärischer Luft bei gleichem Drucke verhält. Ebenso wirkt auch der aktive Sauerstoff (Ozon) nicht erregend auf das Leuchten ein (Dubois).

Andere oxydierende Gase, wie Chlor, Untersalpetersäure, Osmiumsäure vernichten, erstere in kurzer, letztere in längerer Zeit das Licht, ohne es zu verstärken (Dubois); in Chlor wird aber das Licht der Lampyriden zuerst rötlich (Macaire, Joseph).

In Wasserstoff, Stickstoff und Kohlensäure leuchten Lampyriden und Pyrophoriden noch längere Zeit fort, etwa 40 Min. (Matteucci, Joseph, Dubois) und das Licht kehrt nach Zulassung von Sauerstoff sofort wieder (vergl. auch Hulme); werden die Tiere oder ihre Organe aber zu lange in den Gasen gelassen, so erlischt die Leuchtkraft ganz (Macaire, Dubois).[1])

Reduzierende Gase, d. h. solche, welche sich schnell mit Sauerstoff verbinden, wie schwefelige Säure, Schwefelwasserstoff, Aldehydethylen, Paraldehyd u. s. w. bewirken in kürzester Frist (2—10 Min.) Aufhören der Bewegungen und des Lichtes, welches letztere nicht mehr zu erwecken ist (Dubois). Diese Beobachtungen sprechen für die Beziehung des Leuchtprozesses zur Atmung.

Interessant ist, daß nach Dubois auch Phosphorwasserstoffgas die Bewegungen und die Leuchtkraft aufhebt und daß

[1]) Merkwürdig ist die Angabe von J. de Bellesme, daß Lampyris in Kohlensäure und Wasserstoff 5 Stunden, in Stickstoff 2 Stunden verweilen können, ohne daß die Leuchtkraft beeinträchtigt wird.

letztere erst nach längerem künstlichem Atmen wieder zu erwecken ist (vergl. § 5 bezüglich des Leuchtstoffes nach J. de Bellesme).

Die Dämpfe von Schwefeläther und Chloroform, sowie auch Kohlensäure bei hohem Drucke (5 Atmosphären) löschen in kurzer Zeit Bewegungsfähigkeit und Leuchten aus, doch kehren beide in freier Luft wieder zurück; übrigens hält sich auch in den ganz ausgelöschten Organen noch längere Zeit ein schwacher, nur im Dunkeln wahrnehmbarer Schein. Die Dämpfe von Schwefelkohlenstoff und Benzin bewirken eigentümlicherweise nur das Erlöschen des Lichtes, ohne die Bewegungsfähigkeit der Tiere wesentlich zu beeinträchtigen (Dubois).

Als Lichterreger werden die Dämpfe von Schwefel-, Salz- und Salpetersäure (Grotthuß, vergl. Ehrenberg 1834 p. 483 und Carus) und Ammoniak (Heinemann), angegeben, dagegen wirken die Dämpfe von Blausäure vernichtend auf das Licht ohne vorherige Erregung (Heinemann, Eaton).

An Meertieren stellten nur Panceri und Quatrefages einschlägige Versuche an. Danach leuchtete Pholas dactylus, wenigstens was die dreieckigen Organe anbelangt, in feuchter Luft und Sauerstoff 10 Tage lang und auch dann trat das äußerlich nicht mehr wahrnehmbare Licht noch durch einen Schnitt hervor. Dagegen löschte Kohlensäure das Leuchten aus und zwar bei einem mit Leuchtsubstanz getränkten Bande in wenigen Minuten, bei einer ganzen Pholas erst nach einer Stunde, während welcher das Tier kräftig leuchtete. Nach dem Erlöschen kehrte das Licht in Sauerstoff oder gewöhnlicher Luft in der früheren Stärke zurück, auch wenn das Tier tot war. Ähnlich wirkten Wasser- und Stickstoff.

Auf Noctiluca sind Sauerstoff, Wasserstoff und Kohlensäure ohne Einfluß, Chlor dagegen verstärkt zuerst das Licht und macht es weiß, vernichtet es dann aber schnell, so daß es nicht mehr zu erwecken ist (Quatrefages).

§ 20. Wirkung verschiedener Flüssigkeiten auf das Leuchten.

Die zahlreichen in dieser Hinsicht an Lampyriden und Pyrophoriden angestellten Versuche sind in drei verschiedenen Arten ausgeführt worden: 1. durch Eintauchen der Tiere oder ihrer Leuchtorgane in die Flüssigkeiten, 2. durch Benetzen der

herausgenommenen Organe, 3. durch Einführung der Flüssigkeit in die Leibeshöhle der Tiere.

1) Die erste und zugleich am häufigsten durchgeführte Art leidet nach Dubois an dem Fehler, daß es schwer festzustellen ist, wie viel von der Wirkung dem meist in der Flüssigkeit vorhandenen Wasser und wie viel dem darin enthaltenen Stoffe zuzuschreiben sei. Nun ist zwar Wasser, wie aus allen Versuchen (nur Westfeld berichtet, daß ganz vertrocknete Lampyriden geleuchtet hätten) hervorgeht, zum Leuchten unbedingt notwendig[1]) und unterhält auch in der That dasselbe lange Zeit, aber als eigentliches Reizmittel für lebende Tiere oder Leuchtorgane kann man dasselbe, wie mir scheint, nicht betrachten, rechnet doch auch Kölliker dasselbe zu den Nichterregern; man kann daher wohl in den meisten Fällen und namentlich da, wo das Licht stark erregt wird, diese Wirkung dem im Wasser enthaltenen Stoffe zuschreiben.

Im allgemeinen läßt sich bezüglich der erregenden Wirkungen das Gesetz aufstellen (Dubois), daß die Stärke des Reizes im umgekehrten Verhältnisse zur Dauer desselben steht; es sind daher die im folgenden aufgezählten starken Erreger meistens solche, welche schließlich die Leuchtkraft dauernd zerstören.

Als starke Erreger wirken: Schwefelsäure (2,5 pCt. Heinemann, 0,3 — 75 pCt. Kölliker), Salpetersäure (22 pCt. Köll.), Salzsäure (3 — 25 pCt. Köll.), Chromsäure (1 pCt. Heinem.), Ätzkalilösungen (0,5 — 2,5 pCt. Heinem., 0,5 — 7 pCt. Köll.), ebenso Natrium-Karbonate und Nitrate u. s. w.[2])

Schwache Erreger sind: Salpetersäure (0,25 pCt. Heinem.), Borsäurelösung, Chromsäure (Owsjannikow), Phosphor-, konzentrierte Essig-, Weinstein-, Citronen-, Oxal-Säure, die Lösungen der Haloidsalze und neutralen Salze der Alkalien und Erden, von Zucker, phosphor- und schwefelsaurem Natron, Höllenstein, ferner Alkohol (von 45° aufwärts), Äther, Chloroform, Kreosot (Kölliker); schwache aber sehr anhaltende Erreger sind Seifenwasser und Kochsalzlösungen (Heinem.).

---

[1]) Die mexikanischen Damen, welche sich mit lebenden, in Gaze gehüllten Cucujos zu schmücken pflegen, baden dieselben jedesmal nach dem Gebrauche, um ihre Leuchtfähigkeit zu erhalten.

[2]) Auffallend ist, daß das Licht der kräftigeren Cucujos nach Heinemann durch erheblich schwächere Säuren vernichtet wird, als das der viel zarteren Lampyriden nach Kölliker.

Nichterreger sind: Wasser, Speichel, Strychnin, Öle (Petroleum), Benzin, Schwefelkohlenstoff[1]) und die Lösungen vieler Metallsalze (Kölliker). In Wasser leuchten Lampyriden oft so lange, bis sie fast völlig verwest sind (Joseph), ähnlich in schwacher Chrom- und Osmiumsäurelösung, bis 72 Stunden, in verdünntem Spiritus bis 48 Stunden (Owsjannikow). Das Licht war aber dann weiß und anhaltend schwach.

Ein 10 Minuten lang in Wasser einem Drucke von 600 Atmosphären ausgesetzter Lampyris leuchtete nach dem Herausnehmen noch, wenn auch schwach, dagegen wurde die Leuchtkraft eines Pyrophorus durch einen eben so langen Aufenthalt in Wasser bei 500 Atmosphären Druck gänzlich zerstört (Dubois).

Vernichter des Lichtes innerhalb weniger Minuten ohne vorherige Erregung sind starke Mineralsäuren und kaustische Alkalien, sowie nervenlähmende Narkotika (Kölliker, Lindemann), Sublimat, absoluter Alkohol und Glycerin (Heinemann, Owsjannikow).

2) Mit Lösungen von Curare und Strychnin, sowie mit Kalabarbohnen-Abkochung getränkte Leuchtorgane von Lamp. noctiluca leuchteten noch $1^1/_2$ Stunden lang (Owsjannikow).

3) Die Einführung von Giften in die Leibeshöhle von Pyrophorus hat bisher nur Dubois ausgeführt. Dabei erwies sich Curare, das überhaupt auf wirbellose Tiere ziemlich wirkungslos ist, auch ohne erheblichen Einfluß auf die Cucujos und ihr Licht (vergl. auch Kölliker). Strychnin, Atropin, Digitalin, Morphin und das Gift des afrikanischen Skorpions wirken beeinträchtigend auf die Bewegungen und das Licht, erstere werden krampfhaft, während das Licht teils im Anschlusse an die Bewegungen jäh aufzuckt, um eben so schnell zu erlöschen (Strychnin, Morphin, Skorpiongift), teils nur künstlich durch Druck auf den Hinterleib zu wecken ist (Atropin, Digitalin). Cocain beeinflußt mehr die Bewegungen als das Licht, Cairin und schwefelsaures Kupferoxydul zerstören die Leuchtkraft vor der Bewegungsfähigkeit. Bei Einführung von

[1]) Heinemann berichtet, daß Cucujos in Benzin und Schwefelkohlenstoff bis $^1/_2$ Stunde lang unverändert geleuchtet haben, während nach Dubois die Dämpfe dieser Flüssigkeiten das Licht schnell auslöschen.

Eosinlösung endlich nimmt das Licht eine rötliche, aber von der des Eosins verschiedene Färbung an.

Minder scharf als bei den Leuchtkäfern tritt das oben erwähnte Prinzip über die Beziehung zwischen der Stärke eines Reizes und der Dauer seiner Wirkung bei den Seetieren hervor.

Schwefel-, Salpeter-, Salzsäure und andere anorganische und organische Säuren, Ammoniak, Mischungen von Seesalz und Alaun, Terpentin u. s. w. bewirken plötzliches Aufleuchten, zerstören aber das Licht entweder sofort oder nach ziemlich kurzer Einwirkung (Quoy und Gaymard, Coldstream); am schönsten ist die Erscheinung, welche solche Säuren in einer hohen Noctiluca-Schicht hervorrufen, die in eine schnell auflodernde und ebenso schnell verlöschende Feuersäule umgewandelt wird (Quatrefages). Diese Thatsachen stimmen mit dem erwähnten Gesetze überein.

Als kräftigster Erreger des Lichtes erweist sich jedoch das süße Wasser (Panceri), welches außerdem aber noch das Leuchten beständiger und anhaltender macht. Diese Wirkung hat Panceri beobachtet an Phyllirrhoë, Pyrosoma, Beroë, Pelagia noctiluca u. s. w., Ehrenberg an Noctiluca miliaris. Ähnlich, wenn auch schwächer, wirkt Milch (Spallanzani), deren Wirkung noch durch Reflexion des Lichtes an den Milchkügelchen verstärkt wird. Auch Alkohol und Äther sind Lichterreger, bei Beroë jedoch nur so lange, als sie nicht mit der Leuchtsubstanz in Berührung kommen (Panceri).

Abschnitt V. Abhängigkeit des Lichtes vom allgemeinen Befinden und vom Willen des Tieres, Leuchten abgesonderter Organe.

§ 21. Einfluß des allgemeinen Befindens der Tiere auf das Leuchten.

Obwohl Lampyriden und Pyrophoriden gereizt auch am Tage leuchten, tritt doch die volle Leuchtkraft bei beiden erst am Abende und zwar zu bestimmter Zeit ein und dauert auch nur kurze Zeit, $1\frac{1}{2}$ — 3 Stunden (Owsjannikow, Heinemann, Dubois). Diese merkwürdige Erscheinung zeigt sich nicht nur an Tieren, welche Tage, ja Wochen lang im Dunkeln gewesen sind, oder die, weil sie den ganzen Tag zu Versuchen gedient hatten, ermüdet waren (Dubois), sondern auch an abgeschnit-

tenen Hinterleibern und sogar abgetrennten ersten Hinterleibsringen (Heinemann).

Dubois erklärt diese Regelmäßigkeit des Eintrittes des vollen Leuchtens durch die gleichzeitige Steigerung der allgemeinen Lebensthätigkeit in den ersten Abendstunden und vergleicht sie mit der regelmäßigen Steigerung des Fiebers zur Abendzeit.

Auf gesteigerter Lebensthätigkeit beruht auch die lange bekannte, aber erst von Dubois für Pyrophorus durch den Muskelmechanismus erklärte Thatsache, daß bei allen Leuchttieren das Licht durch eigene Bewegungen verstärkt oder aus rhythmischem zu ununterbrochenem wird[1]) (Jonston, Moufet, Degeer, Carus u. s. w. für Leuchtkäfer, Quatrefages (Syllis), Mohnicke (Pyrosoma), Rathke (Oceania Blumenbachii) und Verhaeghe für Noctiluca miliaris). Das gilt bei den Meertieren nicht nur für diejenigen, welche überhaupt nur in der Bewegung, sondern auch für solche, die in der Unbeweglichkeit leuchten, so bei Pholas dactylus (Will) und Beroë (Tilesius); nur Chaetopterus pergamentaceus leuchtet, aus der Röhre genommen, selbst bei den heftigsten Bewegungen nicht (Will).

In ähnlicher Weise wie bei der abendlichen Steigerung des Leuchtens, erklärt sich auch wohl die Thatsache, daß zur Zeit der Geschlechtsreife die Leuchtkraft der Lampyriden am stärksten, bezw. bei Lumbricus nach einigen Berichten überhaupt nur vorhanden ist, durch die in dieser Zeit gesteigerte Lebensthätigkeit der Tiere (Blumenbach, Cuvier, Robert, Joseph, Newport).

Im natürlichen Gegensatze hierzu bewirken Schwäche und Ermüdung Abnahme der Leuchtkraft (Todd, Carus, Joseph, Newport für Lampyris, Moufet und Curtis für Pyrophorus, Gimmerthal für die Raupe von Noctua occulta, Rathke für Oceania Blumenbachii).

Über den Einfluß, den veränderte Lebensverhältnisse auf die Leuchttiere des Meeres ausüben, besitzen wir nur den Bericht Panceri's, daß Pennatula bei längerem Aufenthalte im Aquarium wassersüchtig wird und oft bis zum Doppelten ihrer

---

[1]) Da die Leuchtflecke der Lampyris-Weibchen auf der Bauchseite liegen, muß dasselbe, um das Licht sichtbar zu machen, auf Grashalme u. s. w. klettern und den Hinterleib nach oben biegen.

ursprünglichen Größe anschwillt. Wird ein solches Tier gereizt, so giebt nur der betreffende Polyp, welcher berührt wurde, Licht, indem die kranken Gewebe des Stockes den Reiz nicht fortzuleiten imstande sind.

§ 22. Beeinflussung des Lichtes durch den Willen der Tiere.

a. Leuchtkäfer. Die meisten derjenigen Forscher, welche an einen unmittelbaren Zusammenhang des Leuchtvorganges mit der Atmung glauben, nehmen an, daß das Tier in demselben Maße, wie es über sein Ein- und Ausatmen Gewalt habe, auch imstande sei, durch erhöhte Luftzufuhr das Licht zu verstärken, durch verminderte dasselbe zu schwächen oder sogar auszulöschen. Dieser Ansicht sind Treviran, Morren, Dieckhoff, J. de Bellesme (nur bezüglich der Larve) für Lampyris, Stubbes für Pyrophorus. Ebenso räumen diejenigen, welche das Leuchten wesentlich als eine Thätigkeit des Nervensystems ansehen, den Tieren vollen Einfluß auf die Lichterzeugung ein, so Macaire, Peters, Lindemann (vergl. auch v. Ihering).

Dagegen erkennen andere Forscher nur einen teilweisen Einfluß der Käfer auf ihr Leuchten an und zwar teils nicht für alle Leuchtorgane, wie Macartney, nach welchem Lamp. splendidula nur auf das Licht der seitlichen, nicht auf dasjenige der eigentlichen Bauchorgane Einfluss hat, teils einen zeitlichen, wie Darwin, nach welchem Lamp. occidentalis nur auf kurze Zeit das sonst unwillkürliche Licht unterdrücken kann, und Laboulbène und Robin, welche zwar bei Pyrophorus die Absonderung des Leuchtstoffes für unwillkürlich halten, aber für die Entladungen (?) dieses Stoffes einen Willensakt annehmen.

Wieder andere Forscher erachten das Licht für ganz unabhängig vom Willen des Tieres, nehmen aber, um die Unterbrechungen zu erklären, mechanische Mittel zu Hilfe, nämlich ein Zurückziehen teils der Leuchtorgane selbst ins Innere wie Carradori, Müller, Murray, Owsjannikow 1863, wozu indessen die nötigen Muskeln fehlen (Wielowiejski), teils der durchsichtigen Hautstellen hinter die undurchsichtigen Ringe (Joseph) oder überhaupt seitliche Bewegungen des Hinterleibes (Eaton).

Wielowiejski hält das Leuchten der Lampyriden nicht für ausschließlich vom Nervensysteme abhängig, da das Aufhören

desselben nicht so unmittelbar und vollständig erfolge, wie eine Muskelzusammenziehung und die Organe selbst in starken Nervengiften fortleuchteten.

Heinemann und Dubois stimmen für Pyrophorus darin überein, daß beide die Unabhängigkeit des Leuchtprozesses vom Bauchnervenstrange, dagegen seine Abhängigkeit vom Kopfganglion vermittelst dessen Einflusses auf die Muskelkontractionen hervorheben, wobei nach Heinemann diese Wirkung sich vorzugsweise durch Hineinpressen von Luft in das Bauchorgan, nach Dubois aber durch Öffnung der Leuchtorgane für den Blutstrom geltend macht.

Bei Geophilus longicornis scheint das Licht willkürlich zu sein (Newport 1845).

b) Seetiere. Quoy und Gaymard räumen einigen Leuchttieren die Fähigkeit ein, das Licht zu unterdrücken, bei anderen z. B. Medusen, gewissen Biphoren, Beroë und Pyrosoma (bei welcher auch Mohnicke das Licht nicht für ganz willkürlich hält) erachten sie das Leuchten für völlig unwillkürlich. Ehrenberg 1834 (p. 569—570) möchte das Phosphoreszieren wenigstens bei gewissen Tieren für willkürlich halten, doch sei das Leuchten des einmal gebildeten Leuchtstoffes vom Willen und Leben des Tieres unabhängig.

§ 23. Leuchten der vom lebenden Tiere getrennten Organe; Fortleuchten nach dem Tode.

Schon die ältesten Beobachter haben bestätigt, daß die Leuchtorgane der Käfer für sich allein Licht geben[1]). Die zahlreichen Berichte über die an Lampyriden angestellten Untersuchungen gehen fast nur in der Zeitdauer auseinander, während welcher die Organe leuchtend gesehen wurden; indessen erklären sich diese Verschiedenheiten einmal dadurch, daß teilweise nicht blos die herausgenommenen Organe, sondern der ganze Hinterleib oder die Leuchtringe desselben beobachtet, dann aber auch, daß diese Teile in verschiedene äußere Verhältnisse (Feuchtigkeit u. s. w.) gebracht wurden. Während nach Todd die Organe längstens 22 Minuten leuchten, dauert das Licht nach Schnauß und anderen mehrere Stunden,

[1]) Es ist daher verwunderlich, daß Herr Kaiser selbst in den besten Büchern die gegenteilige Behauptung gefunden haben will.

nach Macartney sogar im Wasser 48 Stunden[1]); Köllicker erhielt abgeschnittene Hinterleiber von Lampyris in feuchter Luft, dünnen Salz-, Zucker- und Eiweißlösungen öfters 24 bis 30 Stunden, am längsten in feuchter Sauerstoff - Atmosphäre 49 Stunden lang leuchtend. Nach J. de Bellesme zeigte ein abgeschnittener Hinterleib noch durch 4 Tage Atembewegungen und leuchtete infolge von Reizen, wenn auch nur für 5 Minuten auf; auch später noch blieb ein schwaches Leuchten zurück.

Auch die abgetrennten Organe von Pyrophorus leuchten noch einige Zeit fort, und sind, wenn ausgelöscht, durch Reize wieder leuchtend zu machen (Laboulbène u. Robin, Heinemann).

Ganz entsprechende Ergebnisse haben Will und Panceri bei ihren Untersuchungen an den leuchtenden Seetieren erhalten und zwar an Pholas dactylus, Pyrosoma, Pelagia noctiluca, Abyla pentagona, Praya cymbiformis, Pennatula und Cavernularia pusilla und war es bei allen genannten Coelenteraten das Epithel, welches, vom Körper getrennt, fortleuchtete.

Aber nicht nur die ganzen Leuchtorgane setzen ihre Thätigkeit noch einige Zeit nach ihrer Trennung vom Körper des Tieres fort, sondern auch Teile derselben; auch ihre Substanz allein leuchtet noch weiter. So phosphoreszieren Schriftzüge, mit der Leuchtsubstanz von Luciola italica hervorgebracht, fort und können durch Anfeuchten immer wieder neu angeregt werden (Carus, Gould, auch de Luce für Scarabaeus phosphoricus). Mit destilliertem Wasser zerriebene frische Leuchtorgane von Cucujos geben filtriert eine Flüssigkeit, die ein deutliches, aber blasses Licht zeigt, ohne eine Spur von anatomischen Elementen zu enthalten (Dubois). Wird dagegen ein Leuchtorgan zwischen zwei Glasplatten schnell zerdrückt (Dubois) oder zerstößt man ein Leuchtorgan von Lampyris im Mörser (J. de Bellesme), so daß jede anatomische Struktur vernichtet wird, so entsteht im Augenblicke der Zerstörung ein kräftiges, nur kurze Zeit andauerndes Licht, welches nachher nicht mehr zu erwecken ist. Auch in diesen Fällen steht jedenfalls wieder die Stärke des Leuchtvorganges in Beziehung zu der Dauer desselben.

---

[1]) Märchenhaft klingt der Bericht von Sheppard (vergl. Kirby p 476 bis 477). Wurde der Leuchtbeutel seines Inhaltes entleert, so heilte die Wunde in 2 Tagen zu und das Organ füllte sich mit Leuchtmasse wie zuvor.

Dasselbe Gesetz dürfte sich auch bei folgenden Erscheinungen anwenden lassen. Trocknet man schnell die Leuchtorgane von Pyrophorus und zerreibt sie dann mit destilliertem Wasser oder setzt sie unzerrieben in Wasser einem Drucke von 600 Atmosphären aus, so werden sie wieder leuchtend (auf 10—15 Minuten), auch ohne den Zutritt von Luft (Dubois). Ebenso leuchten getrocknete und zerriebene Phyllirrhoë in süßem Wasser wieder auf.

Im Einklange mit dem Gesetze steht wohl auch die Beobachtung Hermbstaedt's für Lampyriden und Todd's für verschiedene Leuchttiere, daß bei langsam getöteten Tieren das Licht nicht oder kaum mehr zu erwecken sei.

Sehr lange hält sich das Licht bei Pholas dactylus, indem es bei vorhandener Feuchtigkeit nach dem Tode des Tieres bis zu 10 Tagen andauert und auch dann noch durch Anfeuchten mit süßem Wasser hervorgerufen werden kann; auch Phyllirrhoë leuchtet bis zum Trocknen und Zersetzen, ebenso die ausgepreßte Leuchtsubstanz der Pyrosoma (in süßem Wasser), sowie die aus sich bereits zersetzenden Pennatulen herausgenommene Substanz der Leuchtschnüre (Panceri).

Mit dem Tode oder bald nachher erlischt das Licht bei Ceroplatus sesioides (Wahlberg), Lumbricus (Cohn), Photocharis cirrigera (Ehrenberg 1834), Dianaea (Darwin), Cunina moneta und Beroë (Panceri).

Bezüglich Noctiluca glaubte Ehrenberg, daß das Tier selbst zerrissen noch fortlebe und demnach auch nur lebend leuchte. Demgegenüber stehen aber die Beobachtungen von Quatrefages, daß Gegenstände, auf welchen Noctiluca zerrieben wurde, sowie tote Tiere noch ein blasses, beständiges, von dem des lebenden Tieres verschiedenes Licht entwickeln.[1])

Abschnitt VI. Leuchten des Meeres; geographische Verbreitung der Leuchttiere.

§ 24. Erscheinungsarten des Meerleuchtens.

Quatrefages unterschied zwei Arten des Meerleuchtens, welche ich, da die von Ehrenberg 1834 gesammelten und auch

[1]) Die Beobachtungen von Darwin, Morellet und Phipson, daß Noctiluken, welche längere Zeit an Netzen und Badekleidern im Trocknen ge-

die später erschienenen Berichte der Reisenden im wesentlichen keine neuen Erscheinungen darbieten, etwas verallgemeinert hier wiedergeben will.

1) Es blitzen im Meere eine Menge vereinzelter Lichtfunken, daneben zuweilen auch größere Leuchtmassen von verschiedener Form auf, so aber, daß das Wasser nicht allgemein leuchtet. Diese Erscheinung wird am häufigsten in unseren Breiten und zwar an der Küste oder in der Nähe derselben beobachtet.

2) Bei ruhiger Oberfläche erscheint das Wasser dunkel oder zeigt nur einen schwachen, gleichförmigen Glanz, als ob in ihm eine Tinte aufgelöst wäre. Bewegt sich aber das Wasser oder wird es von Fischen, Schiffen u. s. w. durchzogen, so gleichen die Wogen, namentlich von größerer Entfernung gesehen, glühendem, flüssigem Blei oder Silber (auch rotglühendem Eisen, Rathke), ihre Kämme schimmern silberfarben, breite Lichtstraßen ziehen sich hinter den Fischen her und blitzende Tropfen fallen wie geschmolzenes Metall von den aufgehobenen Rudern der Boote. Diese zweite Art ist häufig verbunden mit der Erscheinung des sogenannten Milchmeeres, welches wohl aus denselben Ursachen herstammt (Dareste, Chapman, Coste).

Meerleuchten der ersten Art haben beobachtet: Zschokke in der Kieler Bucht, Koch an den Küsten Norwegens, Quatrefages an denen der Nordsee, Mac Intosh an den Küsten Englands, Décharme an denen der Bretagne, Dunal an den Mittelmeerküsten Frankreichs, Will bei Triest, Ehrenberg an den italischen Küsten, Ferrandy im atlantischen Ozean, Darwin an der Mündung des La Plata.

Die zweite Art beobachteten: Koch an der Küste Norwegens (vergl. auch Ausland 1872 p. 192), Duncan bei den Shetlands-Inseln (siehe auch Ausland 1837 p. 199), Ehrenberg und Dönitz bei Helgoland, Bonnycastle an der englischen Küste, Wyville Thomson an der spanischen Küste (vergl. Mac Intosh), Rathke im Asowschen Meere, Md. de Cruise bei Madeira, Mohnicke im

hangen hatten, beim Eintauchen in Wasser wieder aufleuchteten, sind für die obige Streitfrage nicht entscheidend, da es immerhin möglich wäre, daß die Tiere in der feuchten Luft und an den feuchten Gegenständen noch etwas Leben bewahrt hätten.

atlantischen Ozean, Labillardière im Busen von Guinea, Murray in den tropischen und subtropischen Meeren (Mac Intosh), Finnlayson bei Siam und Meldola im Busen von Bengalen.

§ 25. Ursache des Meerleuchtens.

Bis zum Jahre 1834 waren als Ursachen des Meerleuchtens folgende mit einiger Begründung geltend gemacht worden:

1) Insolation des Meerwassers (d. h. Wiedergabe des gleichsam aufgesaugten Sonnenlichtes). 2) Elektrizität des Meeres selbst (vergl. z. B. Helwig). 3) Entzündliche, aus der Tiefe aufsteigende Gase und Irrlichter. 4) Eisbildung. 5) Spiegelglanz des Meerwassers selbst bezw. glatter und weißer, belebter und lebloser Körper in demselben. 6) Tote Organismen mit Phosphoreszenz-Entwickelung. 7) Lebende, lichtbereitende Organismen.

Diesen von Ehrenberg aufgeführten und bis auf die letzte verworfenen Ursachen fügt Boué noch folgende hinzu: 8) Phosphoreszenz des Meerwassers infolge eigener Reibung und des Schaumes an Felsen (vergl. auch Lichtenberg, Magazin u. s. w. 1784 p. 48 — 52 und Blumhoff). 9) Schleim und sonstige Auswurfstoffe von Fischzügen (namentlich Heringen). 10) (Für Milchseeen) unterseeische Vulkan-Ausbrüche.

Von allen genannten Annahmen hat, abgesehen von der jetzt wohl allein anerkannten (Leuchten lebender Organismen), die größte Rolle diejenige gespielt, welche das Phosphoreszieren verwesender Organismen als Quelle des Meerleuchtens (und zwar der zweiten Art) ansieht. Und dies ist auch durchaus erklärlich. Da nämlich die lebenden Erzeuger der schönen Naturerscheinung größtenteils winzig klein, dabei durchsichtig und von äußerst zarter Beschaffenheit sind, so mußte eine mit mangelhaften Hilfsmitteln ausgeführte Untersuchung der aus dem Wasser aufgefischten Tiere nur scheinbar form- und organlose Massen ergeben. Die neuerliche Entdeckung eines leuchtenden, im Seewasser lebenden Bacillus (vergl. Humboldt 1887 VI H. 2 p. 70/71), welcher in tropischen Meeren anscheinend vielfach der Erzeuger von Meerleuchten ist, dürfte auch die wenigen, in neuerer Zeit von Naturforschern (Robert, Darwin, Boué) gemachten Beobachtungen, bei denen sich nicht lebende Wesen als Urheber des Meerleuchtens herausgestellt hatten, mindestens

als zweifelhafte erscheinen lassen. Man darf daher wohl sagen, daß gegenwärtig nur leuchtende Lebewesen als Erzeuger des Meerleuchtens angesehen werden. Ich führe als Männer, welche diese Ansicht vertreten, außer Ehrenberg und Quoy und Gaymard noch an: Barton, Labillardière, Murray, Pfaff (für die Ostsee), Morren, Rathke, Duncan, Eydoux, du Petit-Thouars, Wilmot, Verhaeghe, Quatrefages, Desor, C. Dareste, Coste, Decharme, Mohnicke, Koch, Mac Intosh.

Quatrefages hat für jede der von ihm aufgestellten Arten des Meerleuchtens auch die dieselbe hervorbringenden Tiere angegeben und zwar sind dies für die erste Art insbesondere Crustaceen, Anneliden und Ophiuren, wozu außer Infusorien als die Erzeuger größerer Leuchtflecke noch hauptsächlich Medusen kommen dürften. Als Urheber der zweiten Art betrachtet Quatrefages Noctiluca miliaris (welche auch das Milchmeer veranlaßt); doch dürfte dies nach Murray (vergl. M. Intosh) nur für die ruhigen Buchten gelten, während auf offener See verwandte Formen, wie Pyrocystis-Arten ihre Stelle einnehmen. Außerdem treten auch Salpen, Pyrosomen, Gorgonia und Mnemiopsis (vergl. M. Intosh) als Urheber dieser 2. Art auf.

§ 26. Wetter vor und nach dem Meerleuchten.

Verschiedene Beobachter, wie Murray, Artaud, Quoy und Gaymard, Ehrenberg, Darwin, Md. de Cruise, Decharme u. a. fanden, daß dem Meerleuchten häufig Windstille oder doch wenigstens ruhiges oder sogar außerordentlich schönes Wetter voranging und ebenso finden wir mehrfach die Nachricht, daß demselben Regen, Gewitter oder heftige Stürme folgten. (Ehrenberg, Decharme). Bei Ostende (Ausland 1842 p. 1419) ging einmal einem Meerleuchten ein starkes Gewitter vorher und das Leuchten selbst soll am schönsten und stärksten während Stürmen (Coste) und gleichzeitigem Auftreten des Nordlichtes (Koch) sein; dasselbe ist nach letzterem an der norwegischen Küste am häufigsten während des Frühlings und Herbstes und fand bei einer Lufttemperatur unter 0^0 und einer Wassertemperatur von $0 - 7^0$ C. statt. Ehrenberg sagt bezüglich des Wetters: die Periodicität zahlreicher Leuchttiere an der Oberfläche des Meeres und die Coincidenz mit Gewitterschwüle ist vielen anderen Erscheinungen in der Tierwelt sehr ähnlich.

§ 27. Verbreitung der Leuchttiere.

Im allgemeinen kann man von den leuchtenden Land- wie Seetieren sagen, daß sie in den tropischen und subtropischen Gebieten nicht allein in größerer Zahl auftreten, sondern auch durch den Glanz des von ihnen erzeugten Lichtes sich vor denjenigen der kälteren Zonen auszeichnen. Während aber wohl kein Leuchtkäfer den 50. Breitengrad überschreitet (Coldstream), entbehren selbst die arktischen Meere nicht des Leuchtens, an ihren Gestaden halten sich im ewigen Schnee leuchtende, kleine Kruster auf und selbst in ihren Tiefen entwickeln Würmer und Infusorien ihr merkwürdiges Licht.

Unsere europäischen Leuchtkäfer erscheinen im Frühjahre und leuchten den Sommer und einen Teil des Herbstes hindurch. Lamp. splendidula von Ende Mai und Anfang Juni bis Mitte August, L. noctiluca vom Juli bis Anfang Oktober, L. hemiptera von Mitte April bis Anfang Juli, Luciola italica (welche in Schlesien nicht vorkommt), von Ende Mai an: über die übrigen europäischen Arten habe ich keine Nachrichten einsehen können.

Von den 319 im Berliner Museum 1834 vorhandenen Arten von Lampyriden waren aus Nordamerika 16, Mittelamerika mit den Inseln 232, Südafrika mit den Inseln 6, aus Europa 7, Ostasien 11, aus Westasien 1, aus Polynesien 2 (Ehrenberg p. 524 Anm.)

Die Pyrophorus-Arten leben in Amerika zwischen 30° nördlicher und südlicher Breite und 40° und 125° westlicher Länge, 23 Arten nördlich, 52 Arten südlich des Äquators; nur 3 Formen sind beiden Erdhälften gemeinsam; Pyr. noctilucus tritt zwischen dem 20. Grade nördlicher und südlicher Breite auf (Dubois).

Erwägt man noch, daß auch die ganze Gattung Phengodes amerikanisch ist, so erscheint die Begünstigung Amerika's, was Leuchtkäfer betrifft, als ganz außerordentlich.

Leuchtende Zweiflügler sind bisher, soweit mir bekannt, nur in der gemäßigten Zone und zwar in Europa, am Kaspi- und Aralsee und in Neuseeland beobachtet worden.

Leuchtende Myriapoden finden sich dagegen in der gemäßigten wie in der heißen Zone und sind sogar aus letzterer, namentlich Westindien länger bekannt (Oviedo: Coronica de las Yndias lib. XV cap. 2 fol. 113, um 1526, vergl. Newport).

Das Meerleuchten findet meist nur im salzigen Seewasser statt, ja man hat es in der Nähe von Flußmündungen sogar unter der oberflächlichen Süßwasserschicht in der Tiefe gesehen, so Martius an der Mündung des Amazonenstromes, Reise III p. 1380, und entsprechend auch 3 m tief unter dem Eise bei Kiel (Meyer, vergl. dagegen Koch); es ist aber auch im brakischen Wasser beobachtet worden, so an der Mündung des La Plata (Quoy und Gaymard, Wilkes) und an derjenigen der Brenta (Ausland 1842 p. 699).

In der Breite des Cap Horn scheinen die Meerleuchttiere sparsamer aufzutreten als anderswo (Dombey nach Ehrenberg p. 525, Darwin), doch hat Pöppig dort ein wahrhaft erschreckendes, blendend weißes Licht gesehen (Ehrenberg ebenda). Ferner fehlen nach Ehrenberg (1872) alle Nachrichten über das Aufblitzen größerer Flächen des westlichen stillen Ozeans.

Bemerkenswert ist, daß das schönste Meerleuchten sich im allgemeinen nicht sehr weit von der Küste entfernt und am häufigsten in den Seeteilen zwischen den tropischen Inseln zeigt; insbesondere sind es hier die Mollusken und Acalephen, welche das Leuchten bewirken (Eydoux).

Über die Verbreitung der Leuchtfische ist wenig bekannt, wie denn überhaupt die Kenntnis dieser Tiere noch wenig gefördert und zweifelhaft ist (M. Intosh).

Astronesthes Fieldi ist über einen großen Teil des atlantischen Ozeans verbreitet und findet sich namentlich zwischen dem 6. und 23.° nördlicher Breite (Reinhardt). Scymnus fulgens stammt aus der australischen See, Hemiramphus lucens von den Küsten der Molukken, Mauroliccus pennantii von denjenigen Englands (M. Intosh),

Die leuchtenden Kruster gehen zwar weit nach Norden, scheinen aber vorzugsweise in den Tropen das Funkensprühen des Meeres herbeizuführen; im ganzen ist, wie schon erwähnt, unsere Kenntnis dieser meist kleinen Tiere noch recht mangelhaft.

Die meisten der leuchtenden Meeranneliden scheinen den europäischen Meeren anzugehören und an den Küsten Frankreichs, Helgolands und der Ostsee für das Funkeln des Meeres von Wichtigkeit zu sein, doch ist z. B. Harmothoë imbricata kosmopolitisch (M. Intosh).

Unter den Mollusken wurden Salpen im indischen (Chapman), im atlantischen Ozean (Ferrandy) und an der Mündung des La Plata beobachtet; Pyrosoma atlanticum im atlantischen Ozeane bei 2° 19′ N. B. und 21° 57′ W. L. von Greenwich (Mohnicke).

Die leuchtenden Coelenteraten treten wesentlich in den wärmeren Meeren auf, wenn auch Leuchtmedusen in allen Meeren vorzukommen scheinen.

Noctiluca miliaris scheint weit verbreitet zu sein, obschon vielleicht öfters verwandte Formen damit verwechselt wurden (siehe § 25). Darwin hat das Tier südlich der La Plata-Mündung gefunden, es fehlt entschieden im Kieler Hafen[1]) (Ritter v. Stein).

In welch' ungeheurer Menge zuweilen die leuchtenden Meertiere auftreten, wodurch bei ihrer Kleinheit erst das Blitzen und Flammen größerer Flächen erklärlich wird, das beweisen die Berichte Ferrandy's, der im atlantischen Ozeane 275 Meilen weit durch Salpen (in Kettengeneration) fuhr, sowie Mohnicke's, welcher von 2° 19′ bis 5° 38′ N. B. durch Pyrosomen hindurchfuhr, welche so dicht gedrängt waren, daß das Wasser von ihnen gewissermaßen starrte und wobei die Tiere zweimal so schnell schwammen als das Schiff.

Das beweisen ferner die Untersuchungen von Quatrefages über die Lichtstärke von Noctiluca (vergl. § 9), nach denen unendliche Mengen dieser Tiere vorhanden sein müssen, um ein solches Leuchten hervorzubringen, wie er es bei Boulogne gesehen hat, sowie seine Berichte über die Menge derselben, wonach die Tiere $^1/_7$, $^1/_3$, ja, nach de Tessan in der Falschen Bai die Hälfte eines Volumens einnahmen, welches an der Oberfläche des Meeres mit Wasser gefüllt worden war.

Von besonderem Interesse ist in den letzten Jahrzehnten die Frage über das Leuchten der Tiere in den Tiefen der Meere geworden. Die zahlreichen Tiefen-Erforschungen der neueren Zeit haben eine Menge Tierformen aus allen Gruppen

[1]) Claus, Grundzüge der Zoologie, Aufl. IV. 1887 p. 205) giebt für Noct. miliaris die Nordsee und den atlantischen Ozean als Verbreitungsgrenze an, während im Mittelmeer die verwandte Leptodiscus medusoides aufträte, über deren Leuchten keine Angaben gemacht sind.

(Fische, Ophiuren, Hydroiden, Anthozoen und Infusorien) kennen gelehrt, welche entweder direkt als leuchtend beobachtet worden sind oder denen man mit größter Wahrscheinlichkeit diese Eigenschaft zuschreiben darf. Es ist kein Wunder, daß die schaffende Phantasie sich die lichtlose Tiefe der Ozeane durch diese Leuchttiere erhellt dachte und annahm, daß diese das mangelnde Sonnenlicht ganz oder teilweise ersetzen könnten. Indessen fehlt es doch nicht an Stimmen, welche vor allzu kühnen Schlüssen in dieser Richtung warnen. So bemerkt Mac Intosh, daß die Zahl der Leuchttiere an der Meeresoberfläche jedenfalls erheblich größer sei als in der Tiefe und Verril erklärt es geradezu für unwahrscheinlich, daß die außerordentlich große Mannigfaltigkeit der Tierformen in der Tiefe, die reiche Entwickelung der Farben und Augen nur auf dem Vorhandensein des tierischen Lichtes beruhen könne, sondern er hält dafür, daß selbst in die größten Tiefen Sonnenlicht, wenn auch natürlich nur seegrünes und sehr geschwächtes gelange, unter dessen Einflusse dann die erwähnte Mannigfaltigkeit zur Entwickelung gelange.

Abschnitt VII. Entstehungsursache und Nutzen des Leuchtens.

§ 28. Theorien über die Ursache des Leuchtens.

Bei dem großen Interesse, welches das Leuchten der Tiere seit alter Zeit einflößte, ist es erklärlich, daß die Beobachter sich auch über die Entstehungsursache des Lichtes Rechenschaft zu geben versuchten und daß die aufgestellten zahlreichen Theorien je nach dem Grade der wissenschaftlichen Erkenntnis verschieden ausfielen. Mit Übergehung der älteren Ansichten, von denen ich nur diejenige erwähnen will, welche das Licht durch Ausstrahlung des aufgesaugten Sonnenlichtes (vergl. indeß § 15) erklärt, wende ich mich zu denjenigen Theorien, über welche heute noch gestritten wird.

Dieselben lassen sich im wesentlichen in drei Gruppen einteilen:

1) Das Leuchten ist eine mit dem Leben der Zellen verbundene Erscheinung; alle Zellen stehen fortwährend im Brande, den wir allerdings nur dann erkennen können, wenn sich irgend eine Zelle durch besondere Leuchtkraft auszeichnet,

was bald an dieser, bald an jener Stelle des Körpers stattfinden kann. Die Leuchtorgane sind morphologisch nicht analoge Bildungen. Die Leuchtsubstanz ist das lebende Eiweiß. d. i. Protoplasma, welches bei der Oxydation das Licht hervorbringt (Pflüger). v. Ihering erklärt entsprechend den Leuchtvorgang bei verschiedenen Käfern als eine Nebenerscheinung physiologischer Thätigkeit, deren Stärke vom Nervensysteme abhängig sei. Das Leuchten habe schon bestanden, bevor die durchsichtigen Stellen in der Chitinhaut vorhanden gewesen wären.

2) Das Leuchten beruht bei vielen, wenn nicht allen Tieren auf einer Thätigkeit des Nervensystems und enstpricht somit der elektrischen Kraft der Fische. In der Substanz der Leuchtorgane ist ein Stoff enthalten, welcher, durch die Nerventhätigkeit entzündet, als zweiter Lichterzeuger auftritt. Dieser Theorie, welche Coldstream auf der einfacheren von Macartney und Todd aufbaute, nähern sich Joseph (der das Leuchten durch die elektrische Spannung zwischen den Gewebeteilen der Leuchtorgane erklärt), Jackson, Lindemann (der das Leuchtorgan von Lampyris für einen rein nervösen Apparat ansieht), Ehrenberg bezüglich der Photocharis cirrigera und Quatrefages bezüglich der von ihm untersuchten Anneliden und Ophiuren, endlich Harting bezüglich aller Seetiere, indem dieselben das Leuchten auf elektrischem Wege hervorbrächten.

Eine Ausdehnung dieser Theorie auf alle Leuchttiere erscheint schon darum ausgeschlossen, weil auch Tiere, bei denen Nerven nicht entwickelt sind, sowie auch Eier leuchten.

3) Das Leuchten beruht auf einem chemischen Vorgange und zwar A) auf der Einwirkung eines diastaseartigen Eiweißkörpers (Luciferase bei Pholas) auf einen anderen in den Leuchtzellen enthaltenen Stoff (Luciferin), ein Teil der dabei in Freiheit gesetzten Energie erscheint in der Form des Lichtes. Der Prozeß ist begleitet von dem Auftreten unzähliger krystallinischer Körperchen (Guanin) in den Geweben. (Ob auch bei Pholas dactylus ist mir unbekannt.)[1]) Diese von Dubois für Pyrophorus, Myriapoden und Pholas dactylus aufgestellte Theorie ist der schroffste aller Versuche, die Ent-

[1]) Dubois läßt die Frage offen, ob nicht das Licht vielleicht erst sekundär infolge der durch den chemischen Vorgang veranlaßten Krystallisation entstünde.

stehung des Lichtes auf physikalisch-chemischem Wege zu erklären. Der eigentliche Leuchtprozeß besteht in einer Zellenauflösung (Histolyse). Der Einfluß des Nervensystems, der Atmung und des Blutlaufs sind nicht bedingend, sondern nur fördernd für den Leuchtvorgang. B) Das Leuchten beruht auf einem Oxydationsprozesse und zwar a.: auf der Verbrennung eines Stoffes im Sauerstoffe der Luft.

Diese von Spallanzani aufgestellte Theorie ist gewissermaßen die einfachste und naheliegendste und zählt von allen die meisten Anhänger, obwohl unter den Ansichten derselben die größten Verschiedenheiten herrschen. Dieselben betreffen z. T. den Aggregatzustand des Leuchtstoffes, sowie die Frage, ob derselbe Phosphor enthalte oder nicht, fettartig oder Eiweißsubstanz sei (siehe § 5); ferner gehen die Ansichten auseinander über den Ort, wo die Verbrennung stattfinde, ob in den feinsten Tracheenausläufern, beziehungsweise den Tracheenendzellen oder in den Parenchymzellen; über den größeren oder geringeren Einfluß des Nervensystems, der Atmung und des Blutumlaufes u. s. w.

b. Auf einer langsamen Verbrennung gewisser organischer, wesentlich fettartiger Substanzen bei Anwesenheit von Alkalien oder dieselben ersetzender organischer Verbindungen.

Radziszewski entdeckte, daß eine große Zahl organischer Verbindungen, wie Aldehyde, aromatische Kohlenwasserstoffe, fette Öle, Alkohole mit mehr als 4 Kohlenstoffatomen im Molekül, ferner Taurochol-, Glykochol- und Cholsäure, sowie Protagon phosphoreszieren, sobald sie in Berührung mit Alkalien sich mit aktivem Sauerstoff (Ozon) langsam verbinden. Diese Phosphoreszenz erscheint derjenigen der Tiere ganz analog und zeigt auch dasselbe Spektrum wie diese. Radziszewski fand ferner, daß Cholin und Neurin und andere Stoffe, welche im tierischen Körper häufig vorkommen, imstande sind, die Alkalien, welche nicht frei im Organismus auftreten, zu ersetzen. In Berührung mit denselben leuchten eine ganze Reihe in Tierkörpern auftretender Verbindungen, wie Lecithin, Fette, Cholesterin u. s. w. bei gewöhnlicher Temperatur. Zu dieser Verbrennung sind nur außerordentlich geringe Mengen der betreffenden Stoffe nötig. Radziszewski ist der Meinung, daß die tierische Phosphoreszenz auf einen Oxydationsprozeß dieser Art zurückzuführen sei.

Diese Theorie hat von allen aufgeführten bisher die wenigsten Anhänger gefunden und steht auch mit verschiedenen Thatsachen im entschiedenen Widerspruche, vor allem damit, das die Substanz der Leuchtorgane, wenigstens bei den Käfern, eiweiß- und nicht fettartig ist, und daß dieselbe sauer und nicht alkalisch reagiert.

Der Anschauung Pflügers nähern sich, abgesehen von J. v. Ihering, in einzelnen Punkten auch J. de Bellesme und Heinemann, wenn sie auch als Leuchtstoff nicht das Protoplasma, sondern einen von demselben ausgeschiedenen Stoff ansehen; auch Dubois dürfte, so sehr er den eigentlichen Leuchtvorgang als einen rein physikalisch-chemischen hinstellt, doch nicht leugnen, daß die denselben unterhaltenden Stoffe ihre Entstehung der Lebensthätigkeit der Zelle verdanken. So zwingend indessen die Ansicht Pflügers in Verbindung mit derjenigen von Dubois erscheinen mag und so sehr auch beide in Zukunft vielleicht die herrschenden werden dürften, für jetzt kann man nur sagen, daß keine der aufgestellten Theorien zur Zeit darauf Anspruch machen darf, für alle Leuchttiere Gültigkeit zu haben; warnt doch auch Mac Intosh ausdrücklich davor, allgemeine Erklärungen über die Entstehung des so vielartig auftretenden tierischen Lichtes aufzustellen.

Für die Lampyriden kann es, angesichts der von allen Untersuchern bestätigten reichen Versorgung des Leuchtorganes mit Tracheen, wohl nicht bezweifelt werden, daß der Leuchtvorgang mit der Atmung in enger Beziehung steht und daß die Parenchymzellen selbst der eigentliche Sitz der Hervorbringung eines Leuchtstoffes und zugleich der leuchtenden Verbrennung desselben sind. Welcher Art dieser Leuchtstoff ist, was für chemische Vorgänge beim Leuchten in den Zellen stattfinden, welcher besonderen Natur die Umsatzprodukte sind und wo und wie dieselben aufgespeichert werden, bleibt, wie mir scheint, noch zu ermitteln.

Bei Pyrophorus stehen sich die Heinemann'sche und die Ansicht von Dubois so schroff gegenüber, daß eine Ausgleichung kaum zu erwarten sein dürfte. So viel ist indessen sicher, daß viele der scharfsinnig erdachten Versuche Dubois Resultate ergeben haben, welche mit der Annahme einer ursächlichen Verbindung des Leuchtens dieser Käfer mit dem Atmen nicht recht vereinbar sind.

Bei verschiedenen Ringelwürmern z. B. Harmothoë imbricata (vergl. Mac Intosh) ist eine Nerventhätigkeit ohne Hervorbringung eines Leuchtstoffes als Ursache des Leuchtens anzusehen.

Bei Pholas, Pyrosoma, zahlreichen Medusen und Pennatula ist Panceri der Überzeugung, daß das Licht auf einem Verbrennungsprozesse beruht (vergl. § 5 p. 23); bei Phyllirrhoë bucephalum aber erscheint das Licht nicht sowohl an die Nervenbewegungen selbst, als an einen der Nervensubstanz beigemengten, eigentümlichen Stoff geknüpft, welcher sowohl beim lebenden Tiere durch Nervenreize, als auch von diesem getrennt oder nach dem Tode desselben durch Reizmittel leuchtend gemacht werden kann.

§ 29. Nutzen des Leuchtens.

Die hierüber aufgestellten Ansichten beziehen sich fast durchweg auf die leuchtenden Landtiere und zwar auf die Leuchtkäfer. Es sind im wesentlichen folgende:

1) Das Licht dient zur Anlockung der Männchen an die Weibchen oder der beiden Geschlechter aneinander. Diese älteste und auch heute noch am meisten vertretene Ansicht stützt sich auf die Thatsache, daß nicht nur das Licht bei erlangter Geschlechtsreife seine größte Stärke erreicht, sondern daß bei den Lampyriden die ungeflügelten Weibchen von Lamp. noctiluca und splendidula kräftiger leuchten als die umherschwärmenden Männchen. Bestätigt wird die Ansicht durch den Versuch Emery's 1887, daß Weibchen von Luciola italica nur dann Männchen anziehen, wenn ihr Licht sichtbar ist, nicht dagegen, wenn sie in durchlöcherte Schachteln eingeschlossen werden; eine Anziehung durch den Geruch, wie dies bei Schmetterlingen der Fall ist, findet daher nicht statt. Für diese Ansicht sprechen sich noch aus: Kirby, Ehrenberg, J. de Bellesme, Laboulbène und Gorham.[1])

2) Gegen die erste Ansicht wird geltend gemacht, daß ja nicht nur die geschlechtsreifen Tiere, sondern auch die Jugend-

---

[1]) Gorham findet, daß im allgemeinen die Stärke des Lichtes der Lampyriden in direkter Beziehung zur Größe ihrer Augen und in indirekter zur Entwickelung der Fühler stehe.

zustände und vielfach auch die Eier leuchten; für diese müßte daher ein anderer Nutzen vorhanden sein und damit vielleicht auch für die ausgebildeten Tiere. Das Leuchten sei daher ein Schutz- oder Abschreckungsmittel. Auch hierfür sprechen einige Berichte, wonach leuchtende Käfer von Raubinsekten verschont, beziehungsweise erst gefressen wurden, als sie nicht mehr leuchteten (Joseph. Bach, A. Schmidt).

Dieser Nutzen des Leuchtens ist auch bei den Leuchttieren des Meeres z. B. den Medusen angenommen worden (Verril). Indessen spricht dagegen einerseits die Thatsache, daß gerade die leuchtenden Anneliden vielfach Röhren bewohnen oder sonst verborgen leben, andererseits, daß nahe verwandte und völlig gleichartig und an denselben Orten lebende Arten sich darin unterscheiden, daß die eine Art leuchtet, die andere aber nicht. So ist Pholas dactylus leuchtend, Ph. crispata nicht, Harmothoë imbricata leuchtend, die nahestehende Polynoë floccosa aber nicht (Mac Intosh).

3) Von Rai, Rogerson, Kirby, Coldstream, Emery wird die Ansicht vertreten, daß das Licht zur Erleuchtung des von den Insekten zurückzulegenden Weges, beziehungsweise auch zur Aufsuchung der Beute diene (Waller, Meyrick). Der erste Zweck hat durch die Versuche von Dubois eine erhebliche, wenn nicht entscheidende Stütze gewonnen. Dubois wies nach, daß die Brustorgane der Cucujos die vor, neben und über dem Käfer befindlichen Gebiete ziemlich gleich, die unter ihm liegende Fläche aber nur schwach erleuchten; diese Lichter genügen daher vollständig beim Laufen des Käfers, da er sich der Fühler zum Betasten der Unterfläche bedienen kann. Fliegt oder schwimmt der Käfer aber, so strahlt das Bauchorgan auf und erleuchtet gerade die unter dem Tiere befindlichen Gegenstände. (Die stets kriechende Larve entbehrt des Bauchleuchtorganes ganz.) Dubois zeigt ferner, daß ein Cucujo, dessen rechte Brustleuchte durch Wachs verklebt ist, in einer Schraubenlinie nach links zu marschiere, bei beiderseits verklebten Brustorganen aber unsicher werde und bald stehen bleibe.

4) Für Scymnus fulgens soll das Leuchten nach Bennett den Zweck haben, die ihm zur Beute dienenden Tiere anzulocken, da er infolge seiner kleinen Flossen wohl ein ziemlich schlechter Schwimmer, dabei aber sehr gefräßig sei (Humboldt 1883 p. 35).

Außer den im vorhergehenden besprochenen begegnen wir auch noch anderen bei Tieren auftretenden Lichterscheinungen. Dazu gehört das Leuchten menschlicher und tierischer Augen (Nyctipithecus trivirgatus, von Katzen, Raubvögeln, Schlangen und Insekten, z. B. Sphinx Convolvuli, Cossus ligniperda (Kirby), Lasiocampa Quercifolia, Noctua Psi). Dieses Leuchten dürfte sich durchgängig als nicht von den Tieren selbstthätig hervorgebracht, sondern auf dem Wiederstrahlen äußeren Lichtes beruhend erweisen lassen. Auf chemische Zersetzungen dagegen wird wohl das Leuchten von menschlichem Schweiß (Hermbstädt) und tierischem Urin (Ehrenberg) zurückzuführen sein. Endlich findet sich noch eine große Zahl von Berichten, welche das Leuchten toter Tiere und namentlich toter Fische bestätigen. Pflüger hat schon 1875 diese Lichterscheinungen auf das Leuchten lebender Organismen zurückgeführt, eine Ansicht, welche durch die schon erwähnte Entdeckung des in Seewasser lebenden Leuchtbacillus fast zur völligen Gewißheit erhoben wird (vergl. allerdings Panceri über Trachypterus Iris), um so mehr, als sich der Bacillus leicht auf tote Fische übertragen läßt und die hierher gehörigen Erscheinungen fast stets nur in Seestädten beobachtet wurden. Erwägt man nun noch, daß auch eine Anzahl allerdings niedrig stehender Pflanzen (Pilze) Phosphorescenz zeigen (vgl. Fabre), so sieht man, daß die Erzeugung von Licht durch lebende Wesen weit verbreitet ist, unter den mannigfaltigsten Bedingungen und in verschiedenster Weise auftritt. Mag sich dasselbe aber in dunkler Sommernacht in dem Leuchten von Käfern oder im tiefen Schachte im geheimnißvollen Glühen von Pilzen äußern, mag es auf toten Fischen in gleichförmigem, mattem Scheine oder als Meeresleuchten mit augenblendendem Glanze auftreten, immer wird es Herz und Sinn des Beschauers in Anspruch nehmen, immer in ihm das Gefühl lebhafter Bewunderung hervorrufen.

Litteratur.

Afzelius: Observations on the genus Pausus. — Transact Linn. Soc. T. IV. 1798. p. 243—275.

Alenitzin, Wl.: Die leuchtenden Dipteren. — Dtsch. ent. Zeitschr. Bd. 19. 1875. p. 432.

Artaud: Ueber Phosphoreszenz des Meerwassers. — Schweigger: Jahrb. d. Chemie und Physik. 1828. Bd. 52 p. 319.

Aubert et Raph. Dubois: Sur les propriétés de la lumière des Pyrophores. — Compt. rend. Paris. T. 99 No. 11 p. 477—479.

Audouin: Remarques sur la phosphorescence de quelques animaux articulés à l'occasion d'une lettre de M. Forester sur la phosphorescence des Lombrics terrestres. — Compt. rend. Bd. 11. 1841. p. 742—749.

D'Aumont: La nymphe de Lampyris a deux points lumineux. — Ann. Soc. Ent. Fr. 1851. ser. II T. 9. Bull. p. 102.

Bach: Ueber das Leuchten der Johanniswürmchen und einiger anderer Insekten. — Natur und Offenbarung. 1858. Bd. IV p. 368—377.

Barton: Luminous appearance of Sea-water, caused by animals. — Phil. Mag. 1801. Vol. 10 p. 20—27.

Becker: Fulgora laternaria et son larve ne sont point lumineuses d'après les observations de M. Becke. Ann. Soc. Ent. Fr. 1848. ser. 2 T. 6. Bull. p. 14.

Bellesme, Jousset de: Recherches experimentales sur la phosphorescence du Lampyre. — Robin et Bouchet: Journ. Anat. etc. T. 16. 1880. p. 121—169.

Blanchet: De la production de la lumière chez les Lampyres. — Bibl. univ. de Genève. 1856. T. 31 p. 213—215. — Gerstäcker Bericht etc. Wiegmann's Archiv. 1857. II p. 351.

Blumenbach: Handbuch der Naturgeschichte. — Aufl. I. 1779. p. 337 ff. Lamp. p. 339 Elater, 349 Fulgora.

Blumhoff: Uebersicht älterer und neuerer Beobachtungen über das Leuchten des Meerwassers. — Phil. Mag. 1800. Bd. 8 p. 97—107.

Bonnycastle: Phosphorescence of the Sea in the golf of St. Lawrence. — — New Edinb. Phil. Journ. 1830. Oct. p. 384—389.

Boué: Ueber das gefärbte Seewasser und dessen Phosphoreszenz im Allgemeinen. Sitzungs-Ber. d. math.-naturw. Kl. d. K. Akad. d. Wissensch. Wien 1869. Bd. 59 Abth. 2 p. 251—262.

Brischke: Leuchtende Chironymi. — Ent. Monatsblätter. 1876. p. 41.

Bronn: Klassen und Ordnungen des Tierreiches. — Arthropoden (Gerstäcker) Bd. V T. I p. 744.

Burmeister: Handbuch der Entomologie. Berlin 1832. I p. 535—543.
Busch, W.: Einiges über Tomopteris onisciformis. — Arch. f. Anat. und Physiol. Joh. Müller. Jahrg. 1847 p. 180 Taf. 7 Fig. 5.
Canton: Experiments to show that the luminousness of the sea arises from the putrefaction of its animal substances. — Phil. Transact. 1769 Bd. 59 p. 446—453.
Carradori: Expériences et observations sur la phosphorescence des Lucioles. — Ann. Chimica Pavia. 1797. T. 26 p. 96. — Phil. Magaz. 1798. T. 2. p. 77—80.
Carrara: Sulla phosphorescenza della luciola commune. — Bibl. Italian. Milano. 1836. T. 82 p. 357—370. — L'Institut. 1836. IV No. 188 p. 424.
Carus: Über das Licht der italienischen Leuchtkäfer. — Carus: Analekten z. Naturw. u. Heilkunde. Dresden. 1829. V. p. 169—179.
Carus: Expériences sur la matière phosphorescente de la Lampyris italica etc. — Compt. rend. 1864. Bd. 59 p. 607.
Chapman: Leuchten der See im indischen Ozean. — Compt. rend. 1855. Bd. 40 p. 198—199. — Ausland 1855 p. 215.
Charpentier (Toussaint de): Horae entomologicae. Vratislaviae 1825 p. 192—193.
Claus, C.: Lehrbuch der Zoologie. IV. Aufl. Marburg 1887.
Cohn: Leuchtende Regenwürmer. Zeitschr. f. wissensch. Zoologie. 1873. T. 23 p. 459—461.
Coldstream: Animal Luminousness. Todd: Cyclopaedia of Anatomy and Physiology. London. Vol. III 1847 p. 197—205.
Coste: Sur le phénomène désigné vulgairement sous le nom de mer de lait. — Compt. rend. 1865. T. 60 p. 1130—1131.
Cruise, Md. de: Sur la phosphorescence extraordinaire qu'on a remarquée dans les eaux de la mer aux environs de l'île de Madère. — Compt. rend. 1844. T. 19 p. 879—880.
Curtis: An account of Elater noctilucus, the firefly of the Westindies. — Zool. Journal. 1827. T. 3 p. 379—382. — Fror. Not. 1829. Bd. 24. No. 527 p. 344—345 und 1830 Bd. 28 No. 595 p. 1—4.
Cuvier: Le règne animal. Ed. II. 1817. Tom. III p. 238 ff. über Lampyris; pag. 232 über Elater noctilucus. Ed. III. 1829. T. IV p. 467.
Czerniavsky: Megalopidea sive Larvae anomuriformes Crustaceorum brachyurorum. — Horae Soc. ent. Ross. Bd. 11 1880 p. 57.
Dareste, Camille: Ueber die von den Seefahrern unter dem Namen Meermilch beschriebenen Erscheinungen. — Compt. rend. 1850. Bd. 40 p. 316—318. Ausland 1855 p. 216.
Darwin: Naturwissenschaftliche Reise nach Süd-Amerika, Neuholland etc. Uebers. v. Dieffenbach. 1844. I.
Decharme: De la phosphorescence de la mer comme prognostic du temps et spécialement comme signe précurseur des orages. — Compt. rend. 1869. T. 69 p. 832—835.
Degeer: Mémoire sur un ver luisant femelle et sur sa transformation. — Mém. Acad. Paris. Savants étrang. 1755. T. II p. 261—275.
Degeer: Abhandlungen zur Geschichte der Insekten. — Deutsch von Götze. Bd. IV. 1781. p. 17—34.

Desor: Light in Sea-Water. — Proceed. Boston Soc. Nat. Hist. 1851. T. III 5./1. 1848 p. 4.

Dieckhoff: Über das Leuchten der Lampyris-Arten. — Stettiner ent. Ztg. 1842. Jahrg. 3 p. 117—119.

Dönitz: Untersuchungen über Noctiluca miliaris. — Sitzungs-Ber. d. Berliner Ges. Naturf. Freunde. 19./11. 1867.

Dohrn: Fulgora Mitrii Burm. — Stettiner Ent. Zeitschr. Jahrg. 29. 1868. p. 287—289. — Ausz. aus: Anales del Museo publico de Buenos Ayres 10./9. 1867.

Dubois, Raph.: Contribution à l'Etude de la production de la lumière par les êtres vivants. — Les Elaterides lumineux. — Bull. Soc. zool. Fr. T. 11. 1886. P. 1. p. 1—275. — Humboldt 1887. Juli. Bd. 6 H. 7 p. 260—261 (Moewes).

Duchemin: In: Compt. rend. 1869. T. 69 p. 972.

Duméril: Article Lampyris im Dictionnaire des Sciences nat. — Paris 1822. T. XXIV p. 215—218.

Duméril: Indication d'observations anciennes relatives à la phosphorescence des Lombrics pendant une certaine saison. — Compt. rend. 1841. T. 11 p. 747. Vallot ebenda p. 825.

Dunal: Note sur la phosphorescence de la mer dans les environs de Montpellier. — Compt. rend. 1838. Bd. 6 p. 83—84.

Eaton A. E.: Notes on the intermittent light of Luciola lusitanica. — Ent. Monthly Mag. Vol. 17. Sept. 1880. p. 94—95.

Edwards: Voyage upon the River Amazon. 1847. — Vergl. Spence: On the luminosity of Fulgora laternaria. — Transact. Ent. Soc. London 1848. T. 5. Proceed. p. 38—39.

Eimer, Th.: Bemerkungen über die Leuchtorgane von Lampyris splendidula. — Arch. f. mikr. Anat. Bd. 8 1872 p. 652—653.

Ehrenberg: Über einen neuen, das Leuchten der Ostsee bedingenden lebenden Körper. — Poggendorf Ann. Physik. 1831. Bd. 23 p. 147—151.

Ehrenberg: Leuchten des Meeres. Abhandlungen d. Kgl. Akad. d. Wissensch. z. Berlin. J. 1834 p. 411—572.

Ehrenberg: Über das Leuchten und über neue mikroskopische Leuchttiere des Mittelmeeres. Monatsber. Königl. Akad. d. Wissensch. Berlin 1859 p. 727—738 und 791—793.

Ehrenberg: Über die Tiefgrundverhältnisse des Ozeans am Eingang der Davisstrasse und bei Island. — Monatsber. Königl. Akad. Berlin 1861 p. 275—315.

Ehrenberg: Einige Betrachtungen über das noch unbekannte Leben am Nordpol. — Zeitschr. Berliner Gesellsch. f. Erdkunde. 1867 p. 201.

Ehrenberg: Mikrogeologische Studien über das kleinste Leben der Meerestiefgründe aller Zonen und dessen geologischen Einfluss. — Abhandl. d. Berliner Akad. 1872 p. 131—396.

Ehrenberg: Die das Funkeln und Aufblitzen des Mittelmeeres bewirkenden unsichtbar kleinen Lebensformen. — Festschrift z. Feier d. 100jährigen Bestehens der Ges. naturf. Freunde z. Berlin. sep. 4 p. 1873.

Emery, C.: Studi intorno alla Luciola italica (L.). — Bull. soc. ent. ital. ann. 15. 1883 p. 327—329.

Emery, C.: Untersuchungen über Luciola italica (L.). — Zeitschr. wiss. Zool. Bd. 40. 1884. H. 2 p. 338—355.

Emery, C.: La luce della Luciola italica osservata col microscopio. — Bull. soc. ent. ital. ann. 17. 1885. p. 351—355.

Emery, C.: La luce negli amori delle Luciole. — Bull. soc. ent. ital. ann. 18. 1886. p. 406—411. — Hochzeitsfackeln der Leuchtkäfer. — Stettiner Ent. Zeit. 1887. Bd. 48. Nr. 4—6. p. 201—206.

Enell: Fosforescensen hos Lysmasken (Lamp. noctil.) Ent. Tidskr. 1881. 1 Bd. 2 H. p. 101—103.

Eydoux: Voyage de la Bonite. — Compt. rend. T. V 1837. 2. 13./11. p. 696. — Observations relatives à la phosphorescence de la mer faites dans le cours du voyage de la Bonite. — Ibid. 1838. Bd. 6. p. 458—459.

Fabre: Recherches sur la phosphorescence de l'Agaricus d'Olivier. — Ann. sc. natur. 1855. Ser. 4. T. 4. p. 179—197.

Ferrandy: Phosphorescence de la mer. — Compt. rend. 1865. Bd. 60. p. 628—629.

Finlayson: Über Phosphoreszenz des Meerwassers. — Schweigger: Jahrb. der Chemie u. Physik. 1828. Bd. 52. p. 322—324.

Forester et Audouin: Sur la phosphorescence des Lombrics. — Compt. rend. 1841. T. II. p. 7—12. 2./11. 1841.

Forster: Ein Versuch mit dephlogistisirter Luft über das Leuchten der Lampyris splendidula. — Göttingisches Magaz. der Wissensch. u. Litteratur. Herausg. von Lichtenberg u. Forster. 1782. Jahrg. 3. St. 2. p. 281—288.

Gegenbaur: Grundzüge der vergleichenden Anatomie. Leipzig 1870. p. 418.

Geoffroy: Histoire abrégée des Insectes. Paris 1762. T. 1. p. 165—169.

Gimmerthal: Observations sur la métamorphose de certains Diptères et sur la phosphorescence d'une chenille de Noctuelle. — Bull. soc. imp. des natural. Moscou. 1829. T. 5. p. 136.

Girard: Etudes sur la chaleur libre dégagée par les animaux invertebrés et spécialement les Insectes. — Ann. sc. nat. Zool. ser. V. T. 11. 1869. p. 135—279.

Götze: Naturgeschichte des Krebses in: Natur, Menschenleben und Vorsehung. — Lichtenberg, Mag. etc. 1789. 4. H. 1. p. 41—42.

Gorham, H. S.: Structure of the Lampyridae with reference to their phosphorescence. — Transact. Ent. Soc. London 1880. p. 63—66.

Gould: On phosphorescent Animals. — Proceed. Boston Soc. Nat. Hist. 1851. Vol. III. p. 7—8.

Gounelle, E.: Note sur la Fulgora Laternaria. — Ann. Soc. Ent. Fr. (6). T. 6. Trim. 2. Bull. 201.

Gravenhorst: Vergleichende Zoologie. Breslau 1843.

Greef, R.: Über pelagische Anneliden von der Küste der kanarischen Inseln. — Zeitschr. wiss. Zool. Bd. 32. 1879. p. 256. Taf. 15.

Greef, R.: Über die rosettenförmigen Leuchtorgane der Tomopteriden und zwei neue Arten von Tomopteris. — Zool. Anzeiger V. 1882. Nr. 116. p. 384—386.

Grew: On the lanthornfly. Mus. reg. Soc. London 1685. p. 158. — (Vergl. Hagen).

Grube: Die Familien der Anneliden. Berlin 1851.

Haase, E.: Schlesiens Chilopoden. II. Zeitschr. für Ent. N. F. H. 8. 1881. p. 72 und 90.

Haase, E.: Zur Biologie der Käfergattung Phengodes Ill. — Sitzgsber. ent. Ver. Iris. 1885. Dresden 1886. p. 10—11.

Haase, E.: Zur Kenntnis von Phengodes. — Deutsche Ent. Zeitschr. Bd. 32. 1888. H. 1. p. 145—167.

Hablitzl: Leuchtende Tiere im und um den Kaspischen See. — Pallas, neue nordische Beiträge. Bd. 4. 1783. 396—397. — Lichtenberg, Mag. etc. Bd. 2. H. 4. p. 159.

Hagen: Älteste Nachricht über das Leuchten der Fulgora laternaria. Stettiner Ent. Zeit. 1853. Bd. 14. p. 55—56.

Hancock: Note upon the Luminosity of Fulgora laternaria. — Trans. Ent. Soc. London. 1834. T. 1. Bull. p. 32.

Harris: Entomological Correspondence. Boston 1869. p. 68.

Harting: Das Leuchten der Tiere. — Aus dem Album der Natur. 1852. Lief. 8. p. 225.

Heinemann, C: Über Cucuyos. — Arch. mikr. Anat. 8. 1872. p. 461—472.

Heinemann, C.: Resultate einer Aschen-Analyse. — Pflüger's Archiv. 7. 1873. S. 365—366.

Heinemann, C.: Zur Anatomie und Physiologie der Leuchtorgane mexikanischer Cucuyos (Pyrophorus). — Arch. für mikrosk. Anat. 1886. Bd. 27. H. 2. p. 296—383.

Helwig: Einige Gedanken über das Leuchten des Meerwassers. — Gilbert, Ann. d. Physik. 1815. Bd. 50. p. 126—128.

Hensen, V.: Studien über das Gehörorgan der Dekapoden. — Zeitschr. f. wissensch. Zool. Bd. 13. p. 384.

Hermbstädt: Bemerkungen über das Leuchten organischer Körper im Leben und nach dem Tode derselben. — Mag. Berliner Ges. Naturf. Freunde. 1808. T. 2. p. 248—256.

Hoffmannsegg: Über das Leuchten der Fulgoren. — Mag. Ges. Naturf. Freunde. Berlin 1807. Thl. I. p. 152—155. Isis 1818. IX. p. 1453.

Hudson, G. V.: A luminous Insect larva in New Zealand. — Ent. Month. Mag. Vol. 23. Oct. p. 99—101.

Hulme: A continuation of the Experiments and Observations on the Light which is spontaneously emitted from various Bodies. — Phil. Transact. 1801. p. 403—420.

Ihering, H. v.: Über eine merkwürdige, leuchtende Käferlarve. — Berl. Ent. Zeitschr. 1887. B. 31. p. 11—16.

Illiger: Monographie der Elateren mit leuchtenden Flecken auf dem Halsschilde. — Mag. Ges. Naturf. Freunde. Berlin 1807. p. 141—152.

Jonston: Historiae naturalis de Insectis libri tres. 1653. I. p. 108 ff.

Joseph: Beobachtungen über das Leuchten der Johanniskäfer. — Zeitschr. f. Ent. Breslau 1854. A. F. Jahrg. 8. p. 1—12.

Jourdan, Et.: Structure des élytres de quelques Polynoës. — Zool. Anz. 1885. Bd. VIII. Nr. 189. p. 131—132.

Kaiser: Über das Leuchten der Johanniskäfer. — Anzeiger d. Kais. Akad. Wien. 1884. Nr. 17. p. 133—134. — Ann. Nat. Hist. (5). Vol. 14. Nov. p. 372.

Kerville, Gadeau de: Les Insectes phosphorescents. Rouen. Impr. Deshaye I. 1881. II. 1887.

Kiesenwetter, H. v.: Aufzählung der in Süd-Frankreich und Catalonien gefundenen Käfer. — 50 Diagnosen unbeschriebener oder wenig bekannter europäischer Käfer. p. 217—225. — Stettiner Ent. Zeitung. 1850. p. 224.

Kirby u. Spence: Einleitung in die Entomologie. Deutsche Uebers. Stuttgart 1824. Bd. II. p. 468 Anm.

Koch, W. E.: Notes on the Luminosity of the Sea taken on the West Coast of Norway from Sept. 1881 to April 1882. — Ann. of Nat. Hist. 5. Vol. 10. Aug. p. 176—178.

Kölliker: Über die Leuchtorgane von Lamp. splendidula. — Verhdl. d. Würzburger phys. med. Ges. Bd. 8. 1858. p. 217—224.

Kolbe: Beobachtungen über Termiten und Leuchtkäfer (Lampyr.) im Caplande; nach briefl. Mitteilungen des H. Dr. Franz Bachmann. — Ent. Nachr. Karsch. 13. Nr. 5. p. 70—74.

Labillardière: Über Meeresleuchten im Busen von Guinea. — Gilbert, Ann. d. Physik. Bd. 30. 1808. p. 168 ff.

Laboulbène: Note sur la phosphorescence des larves et des nymphes du genre Lampyris. — Ann. Soc. ent. Fr. Ser. 4. T. 3. p. 470.

Laboulbène et Robin: Observations sur les organes lumineux du Pyrophorus noctilucus L. — Ann. Soc. ent. France. Ser. 5. T. III. 1874. p. 529—536.

Laboulbène, Alex.: Note sur le Ver luisant (L. noct.). — Ann. Soc. ent. Fr. 6. T. 2. Trim. 3. p. 316.

Lacordaire: Mémoire sur les habitudes des Insectes coléoptères de l'Amérique méridionale. — Ann. Sc. nat. 1830. XX. p. 185—191.

Landois: Über die Funktion des Fettkörpers. — Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 15. p. 371 ff.

Landsborough: On the phosphorescence of Zoophytes. — New. Edinb. Phil. Journ. 1842. T. 32. p. 169—173.

Laporte, de: Essai d'une révision du genre Lampyre. — Ann. Soc. ent. Fr. 1833. T. 2. p. 122—153.

Latreille: Histoire naturelle des Crustacées et des Insectes. Paris. T. 10. p. 262. T. 9. p. 93—102.

Lefebure: Mr. Hancock dénie aux Fulgores la faculté d'être phosphorescentes. — Ann. Soc. Ent. Fr. 1834. T. 3. Bull. p. 63.

Lehmann: Zur Lampyris Preisfrage. — N. Acta. Acad. C. L. Bd. 30. 1862. p. 113—114.

Leuchten des Meeres, Das. — Ausland 1841. p. 239—240 u. p. 244.

Leuchten der Nordsee, Das. — Ausland 1842. p. 1419.

Leuchtender Bacillus. — Humboldt 1887. Bd. 6. Hft. 2. p. 70—71.

Leuchtende Meertiere (Nach dem Scientific American.) — Humboldt. Jahrg. 2. H. 1. p. 35.

Leunis, Joh.: Synopsis der Tierkunde. III. Aufl. (Dr. H. Ludwig). — 1883—1886.

Leydig: Lehrbuch der Histologie des Menschen u. der Tiere. Frankfurt a. M. 1857. p. 342—344.

Leydig: Die in Deutschland lebenden Arten der Saurier. — Tübingen 1872. p. 176—177.

Leydig: Über Amphipoden und Isopoden. — Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. XXX. 1878. p. 241—243.

Lindemann: Das Leuchtorgan von Lampyris splend. — Bull. Soc. Imp. des naturalistes. Moscou 1863. Bd. 36. IV. p. 437—456.

Linnaei: Systema Naturae. Ed. XIII. T. 1. p. III. p. 1882 ff. Lamp. p. 1903. Elater noctilucus. p. 2089. Fulgora.

Lucas: Remarques sur la femelle de Lamprorhiza Mulsanti. — Ann. Soc. Ent. Fr. 1869. ser. 4. Bd. 9. Bull. p. 35.

Luce, de: Description d'un Insecte phosphorique qu'on rencontre dans une partie du district de Grasse. — Journ. de Phys. et de Chimie. I. 1794. p. 300—302.

Macaire: Sur la phosphorescence des Lampyres. — Journ. de Physique 1821. T. 93. p. 46—56. — Gilbert, Annalen der Physik 1822. Bd. 70. p. 265—280.

Macartney: Observations upon Luminous Animals. Phil. Trans. 1810. p. 258—293.

Mac Culloch: Remarks on marine luminous Animals. — Quart. Journ. of Sc. and Letters. XI. 1821. p. 248 — 260. — Fror. Not. Bd. 1. Nr. 15. p. 230—231.

Macé: Sur la phosphorescence des Géophiles. — Compt. rend. 1886. T. 103. Nr. 25. p. 1273—1274.

Mac Intosh: Phosphorescence of marine animals. Adress to the Biological Section of the Brit. Ass. for the advanc. of Sc. — Aberdeen 1885. 8°. — Nature, Vol. 32. Nr. 829. p. 476—481.

Maille: Notes sur les habitudes naturelles des larves de Lampyre. — Ann. sc. nat. 1826. T. 7. p. 353—356.

Matteucci: On the phosphorescence of the Lampyris italica. — Ann. and Magaz. Nat. Hist. 1843. T. 12. p. 373—374.

Meldola: Phosphorescence of the Jelly-fish. — Nature, Vol. 30. 1884. Nr. 769. p. 289.

Merian: Metamorphosis Insectorum Surinamensium. Amsterdam 1705. p. 49. — Dissertation sur la génération et les transformations des Insectes de Surinam. Haye 1726. p. 49. Tab. 49.

Merkwürdiges Leuchten der See in der Nähe der Shetlands-Inseln. — Edinb. new phil. Journ. 1837. B. 22. p. 191—192. — Ausland. 1837. p. 199.

Meyen: Über das Leuchten des Meeres und Beschreibung einiger Polypen und anderer niederer Tiere. — Acta Acad. Caes. Leop. 1834. Suppl. 16. p. 127—156.

Meyer, H. A.: Leuchten des Meerwassers unter Eis (vorgetragen von Ehrenberg 1865. 21./3.) Magaz. Ges. Naturf. Freunde. Berlin 1866. p. 6.

Meyrick, E.: A luminous insect larva in New Zealand. — Ent. Monthly Mag. 1886. Vol. 22. April. p. 266—267.

Milne, Edwards: Leçons sur la physiologie et l'anatomie comparée etc. 1863. T. 8. Cap. 18. p. 93—120.

Möbius, K.: Die Bewegungen der fliegenden Fische durch die Luft. — Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 30. p. 344.

Mohnicke: Meeresleuchten. — Ausland 1872. p. 529—532.

Morellet: Sur un cas de phosphorescence de l'eau de mer. — Compt. rend. 1863. T. 57. p. 590—591. — Phipson: Remarques à l'occasion de cette communication. Ibid. p. 707.

Morren: Sur la phosphorescence de la mer. — Bull. d. l'Acad. royale d. Sciences. Bruxelles. 1835. T. 2. p. 324.

Morren: Sulla fosforescenza delle Lampyridi noctiluca e splendidula. — Atti della terza riunione degli Scienzati Italiani. Firenze 1841. p. 366. — Isis 1843. VI. p. 412—413.

Moufet: Insectorum sive minimorum animalium theatrum. London 1634. p. 108 ff.

Moufflet: Observations sur la phosphorescence de la Fulgora laternaria. Ann. Soc. ent. Fr. 1865. ser. IV. T. 5. Bull. p. 62.

Müller: Beiträge zur Naturgeschichte des halbdeckigen Leuchtkäfers Lamp. hemiptera F. — Illiger, Mag. f. Insektenkunde. Braunschw. 1805. Bd. IV. p. 175—195.

Müller, J.: Über Sphaerozoum und Thalassicola. — Monatsber. Kgl. preuss. Akad. d. Wissensch. 1855. p. 229—253.

Müller: Phosphoreszenz eines Seefisches. — Sitzgsber. Ges. Naturf. Freunde. Berlin 1862. 18./3.

Murray, John: Luminosity produced by Compression, Friction and animal bodies. — The Edinburgh new phil. Journ. 1821. Vol. IV. p. 217.

Murray, John: On the luminosity of the Sea. — Mem. nat. hist. Soc. Vol. 3. 1821. p. 466 — 471. — Fror. Not. Bd. 16. Nr. 338. 1827. p. 122.

Newport: Monography of the Class Myriapoda. — Transact. Linn. Soc. T. 19. p. 431.

Newport: On the natural history of the glowworm. Prepared from the author's mscr. by George Viner Ellis. — Journ. Proceed. Linn. Soc. London 1856. T. 1. p. 40—71.

Noll, F.: Beobachtungen im Seewasser - Zimmeraquarium. — Zool. Anz. 1879. p. 402 u. 455.

Nordenskjöld: Bericht über die wissenschaftlichen Ergebnisse der schwedischen Polar-Expedition. — Comptes rendus 1873. 21. Juli.

Oken: Lehrbuch der Naturgeschichte. 1815. — Theil 3. Abth. 1. pp. 434; 805—809.

Olivier: Observations sur le genre Fulgora. — Journ. d'hist. nat. II. p. 31—64. 1792. — Meyer's Zoologisches Archiv. Leipzig 1796. Thl. 2. p. 30—33.

Olivier: Deux Lampyrides nouveaux. — Ann. Soc. Ent. Fr. (6) T. 6. Trim. 1. Bull. p. 58—59.

Olivier: Etudes sur les Lampyrides. — Ann. Soc. Ent. Fr. (6) T. 6. Trim 2. p. 201—246.

Osten-Sacken, v.: Description of some larvae of North-American Coleoptera — Proc. Ent. Soc. Philadelphia. 1862. p. 129.

Osten-Sacken, v.: Luminous Insects, especially Diptera. — Ent. Monthly Mag. Vol. 15. July. p. 43—44.

Osten-Sacken, v.: A luminous Insect larva in New Zealand. — Ent. Monthly Mag. Vol. 23. Nov. p. 133—134.

Osten-Sacken, v.: More about the luminous New Zealand larva. — Ent. Monthly Mag. Vol. 23. March. p. 230—231.

Owsjannikow: Über das Leuchten der Larven v. Lampyris noctiluca. — Bull. Acad. Imp. St. Pétersbourg. T. 4. p. 55—61.

Owsjannikow: Zur Kenntnis der Leuchtorgane der Lampyris noctiluca. — Mém. Acad. Imp. Sc. St. Pétersbourg. Ser. 7. Vol. 11. Nr. 17.

Panceri: Du siége du mouvement lumineux dans les Méduses. — Compt. rendus des Séances de l'Acad. de Naples. Cahier VIII août 1871. — Ann. Sc. nat. Zool. ser. V. T. XVI art. 8. p. 4—12.

Panceri: Gli Organi luminosi e la luce delle Pennatule. — Traduit en français. Ann. Sc. nat. Zool. Ser. V. T. 16. 1872. Art. 8. p. 13 — 21.

Panceri: Organes lumineux et éclat des Pyrosomes. — Annal. des Sciences Nat. 1872. ser. V. T. 16. Paris. art. 8. p. 22—29.

Panceri: Sur un pennatulaire phosphorescent encore inconnu dans les environs de Naples. 13./9. 1872. ibid. p. 39—42.

Panceri: Sur la lumière qui jaillit des cellules nerveuses du Phyllirhoë Bucéphale. — Ann. Sc. nat. Zool. ser. V. T. XVI. art. 8. p. 42—51.

Panceri: Des organes lumineux et de la lumière des Béroïdiens. — Ann. Sc. nat. Zool. ser. V. T. XVI. art. 8. p. 59—67.

Parfitt, Edw.: On the phosphorescence of the Glowworm. — Ent. Monthly Mag. Vol. 17. Sept. 1880. p. 94.

Pasteur: Sur la lumière phosphorescente des Cucuyos. — Blanchard: Remarques à cette communication. — Compt. rend. 1864. Bd. 59. p. 509—511.

Peach: Observations on the luminosity of the sea with descriptions of several of the objects which cause it. — Ann. Nat. Hist. 2 Ser. Vol. 6. 1850. p. 925—934.

Peragallo: Note pour servir à l'histoire des Lucioles. — Ann. Soc. ent. Fr. 1862. ser. 4. Bd. 2. p. 620—624. — Sec. Note etc. Ibid. 1863. ser. 4. Bd. 3. . p. 661—665.

Peters: Über das Leuchten der Lampyris italica. — Müller's Archiv f. Anat. 1841. p. 229—233.

Petit-Thouars, du: Phosphorescence de la mer. — Compt. rend. 1841. T. 11. p. 327—328.

Pfaff: Über das Leuchten des Meerwassers. — Schweigger, Jahrb. d. Chemie u. Physik. 1828. Bd. 52. p. 317.

Pflüger: Über die physiologische Verbrennung in den lebendigen Organismen. — Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. 10. 1875. p. 275—300.

Pflüger: Über die Phosphorescenz verwesender Organismen. — Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. 11. 1875. p. 222—263.

Phänomen auf dem adriatischen Meere. — Ausland 1842. p. 699.

Phipson: Sur la matière phosphorescente de la raie. — Compt. rend. Paris. T. 51. 1860. Nr. 14. p. 541—542. — Sur la noctilucine. — Compt. rend. T. 75. 1872. Nr. 9. p. 547—549.

Quatrefages: Note sur un mode nouveau de phosphorescence observé chez quelques Annelides et Ophiures. — Ann. Sciences nat. Zool. 1843 ser. 2. T. 19. p. 183—192.

Quatrefages: Observations sur les Noctiluques. — Ann. Sc. nat. Zool. ser. III. T. XIV. 1850. p. 226—235.

Quatrefages: Mémoire sur la phosphorescence de quelques invertebrés marins. — Ann. Sc. nat. Paris. ser. III. T. 14. 1850. p. 236—320.

Quoy et Gaimard: Observations sur quelques Mollusques et Zoophytes envisagés comme causes de la phosphorescence de la mer. — Ann. Sc. nat. Zool. 1824. T. IV. p. 5—13.

Radziszewski: Über das Leuchten des Lophins. — Berichte d. deutsch. chem. Ges. 1877. X. p. 70.

Radziszewski: Über die Phosphoreszenz der organischen und organisirten Körper. — J. Liebig, Ann. der Chemie. 1880. Bd. 203. p. 305—336.

Rai: Historia insectorum. London 1710. p. 78—80.

Rathke: Über das Leuchten des Meeres, verursacht durch Oceania Blumenbachii. — Wiegmann, Arch. f. Naturgesch. 1836. Jahrg. II. Bd. I. p. 117—119.

Reichardt: Über die Leuchtorgane von Lampyris. — Nova Acta Acad. C. L. 1862. 30. p. 114.

Reiche: Sur les propriétés lumineuses de Pyrophorus, Nyctophanes etc. — Ann. Soc. ent. Fr. 1844. ser. 2. T. 2. p. 63—64.

Reiche: Détails sur la crépitation des Brachinus. — Ann. Soc. ent. Fr. 1849. ser. 2. T. 7. Bull. p. 60.

Reiche: Note sur quelques larves de Lampyrides. — Ann. Soc. ent. Fr. 1863. ser. 4. T. 3. p. 476—483.

Reinhardt: Tvende Jagttagelser of phosphorisk Lysning hos en Fisk og en Insectlarve. — Videnskab. Meddelelser fra den naturhist. Forening i Kjobenhavn for Jaret 1853. p. 5 ff. — Zeitschr. f. d. ges. Naturwiss. 1855. Bd. 5. p. 208—213.

Richard, J.: Un mot sur la phosphorescence des Myriopodes. — Ann. Soc. Ent. Belg. T. 29. 2 P. p. 15—20.

Robert: Phosphorescence de la mer dans les climats froids. — Compt. rend. 1838. T. 6. p. 518.

Robert: Observations diverses relatives à des insectes des environs de Paris. § 5. Lumière phosphorescente des Lampyres (p. 379). — Ann. d. Sciences nat. 1842. ser. 2. T. 18. p. 378—380.

Robert: Observations sur la phosphorescence du ver luisant et de l'eau de mer. — Compt. rend. 1843. T. 17. p. 628.
Rösel von Rosenhof: Der Insekten Belustigung. 1749. p. 178.
Rogerson: On the glowworm. — Philos. Magaz. 1821. Vol. 58. p. 53.
Schmidt, E. O.: Handbuch der vergleichenden Anatomie. Jena 1872. Aufl. 6. p. 177.
Schmidt, A.: Über leuchtende Insekten. — Mitth. d. Ver. d. Naturfr. Reichenberg (Böhmen) 1885. Bd. 12. p. 15—21.
Schnauss: Bericht über meine Versuche, die chemische Wirkung des Lichtes von Lampyris nachzuweisen. — N. Acta Acad. C. L. Bd. 30. 1862. p. 114—116.
Schnetzler: De la production de la lumière chez les Lampyres. — Réunion de la Soc. Helvet. des sciences nat. à la Chaux de Fonds. 2./8. 1855. — Gerstäcker, Berichte etc., Wiegmann's Archiv. 1857. II. p. 351.
Schultze, M.: Die Leuchtorgane der Männchen v. Lampyris splendidula. — Archiv für mikroskopische Anat. Bonn 1865. Bd. I. p. 124—137.
Secchi: Nouvelles observations sur les lumières phosphorescentes animales. — Ann. Sc. nat. 1872. Ser. V. T. 16, art. 9.
Seltsame Erscheinungen an der schwedischen Küste. — Ausland 1872. p. 192.
Sharp: Luciola, the European Firefly. — Ent. Month. Mag. 1880. Bd. 17. Aug. p. 69.
Solger, B.: Zur Kenntnis der Verbreitung von Leuchtorganen bei Fischen. — Arch. f. mikr. Anat. Bd. 19. H. 2. p. 147—152.
Spallanzani: Viaggi alle due Sicilie. Pavia 1793. T. IV. cap. 27. (Meduse fosforiche osservate nello stretto di Messina.)
Spallanzani: Chimico esame degli esperimenti del Sgr. Göttling a Jena. Modena 1796. p. 119 ff. — Über die Phänomene natürlicher Phosphoren in atmosphärischer Luft, in Sauerstoffgas und anderen Gasarten. Gilbert Ann. d. Physik. Bd. I. 1799. p. 33—63.
Stedmann: Reise nach Surinam. — Illiger's Mag. f. Insektenkunde 1805. p. 226.
Stein, F. Ritter von: Noctilucidae. — Abstr. Journ. R. Microsc. Soc. (2). Vol. 4. P. 3. p. 403—404. Aus: „Infusionstiere". 3 Abt. 2. Hälfte.
Stubbes: An Enlargement of the observations made in a voyage to the Caribes. — Phil. Transact. Vol 3. 1668. Nr. 36. p. 699—709.
Swamerdamm: Bibel der Natur. 1752. Leipzig. p. 119.
Targioni-Tazzetti: Sull' organo che fa lume nelle lucciole volanti d'Italia. (Luciola ital.) — Bull. Soc. ent. ital. 1870. T. 2. p. 177—189.
Templer: Some observations concerning glowworms. — Phil. Transact. 1671. T. 6. Nr. 72. p. 2177—2178.
Tiedemann, Max: Physiologie des Menschen. 1830. I. p. 497—508.
Tilesius: Über die Melonen-Quallen. — Mag. d. Ges. Naturf. Berlin. 1809. Jahrg. 3. p. 143. — Isis. IX. p. 1462.
Tilesius: Berichtigende Anmerkungen zu Macartney's Beobachtungen über leuchtende Tiere. — Gilbert, Ann. der Physik. 1819. Bd. 61. p. 1—35 und 113 ff.

Tilesius: Von den leuchtenden Meerinsekten, welche das funkelnde Leuchten des Meeres bewirken. — Gilbert, Ann. der Physik. 1819. Bd. 61. p. 161 ff.

Tilesius: Über das nächtliche Leuchten des Meerwassers. — Ann. der Wetterauischen Ges. 1819. Bd. 4. Teil 1. p. 1—10.

Todd: An inquiry into the nature of the luminous power of some of the Lampyrides. — Quart. Journ. 1824. T. 17, p. 269—270.

Todd: An inquiry respecting the nature of the luminous power of some of the Lampyridae, particularly of Lamp. splendidula, noctiluca and italica. — Quarterly Journ. of Sc. and Arts. 1826. T. 21. Nr. 42. p. 241—251.

Treviranus: Über das Leuchten der Lampyris splendidula. — Verm. Schriften anat. und physiol. Inhaltes. Göttingen. 1816. I. p. 89—93.

Tuckey: Leuchten des Meeres, auf der Entdeckungsreise nach dem Congostrome beobachtet. — Gilbert, Ann. d. Physik. 1819. Bd. 61. p. 317—334.

Turner, Henry Ward: Colour of the light emitted by Insects. — Psyche. Vol. 3. Nr. 94. p. 309.

Ussow, M.: Über den Bau der sog. augenähnlichen Flecken einiger Knochenfische. Bull. soc. imp. d. Natural. Moscou. 1879. p. 79—115. 4 Tafeln.

Vejdowsky: Beiträge zur Kenntnis der Tomopteriden. — Zeitschr. wiss. Zool. Bd. 31. 1878. p. 81. Taf. 6 u. 7.

Verhaeghe: Recherches sur la cause de la phosphorescence de la mer dans les parages d'Ostende. — Mém. cour. et Mém. des Sav. étr. publ. par l'Acad. Royale des Sciences et Belles Lettres. Bruxelles. 1848. T. 22.

Verrill, A. E.: Evidences of the existence of light at great depth in the Sea. — Nature. 1884. Bd. 30. Nr. 768. p. 280—281.

Villaret, Foulques de: Description d'une nouvelle espèce du genre Lampyris. — Ann. Soc. ent. Fr. 1833. T. 2. p. 352—356.

Wahlberg: Märkwärdig Instinct och Ljusutweckling hos en svensk Myggart. (Ceroplatus sesioides.) Oversigt af Kongl. Vetenskaps Akademiens Förhandlinger. Stockholm. 1848. T. 5. p. 128 — 131. Stettiner Entom. Zeitg. Jahrg. 10. 1849. p. 120—123.

Waller: Observations on the Cicindela volans or Flying-Glowworm. — Phil. Transact. 1684. Nr. 167. p. 841.

Walter: Über das Leuchten des Meeres. Lotos. 1863. Jahrg. 13. p. 28—31 und 34—40.

Webster: Über Medusen und das Leuchten derselben. — Fror. Not. 1834. T. 42. Nr. 16. p. 247—248.

Wesmaël: Phosphorescence du Fulgore porte-lanterne. — Ann. Soc. ent. Fr. 1837. T. VI. Bull. p. 67.

Westfeld: Von dem Scheinwurme. — Neues Hamburger Magazin. 1769. 19. Stück. p. 58—61.

Westwood: Observations on the family of Fulgorides. — Transact. Linn. Soc. 1837. Nov. Bd. 18. 1841. p. 133—153.

Weyenberg: Eine leuchtende Käferlarve. — Horae Soc. ent. Ross. Bd. 12. 1876. p. 176—180.

Wielowiejski, H. Ritter von: Studien über die Lampyriden. — Mit 2 Tafeln. Zeitschr. f. wiss. Zoologie. Bd. 37. H. 3. p. 354—428.

Wilkes: Die Entdeckungsreisen der vereinigten Staaten in den Jahren 1838—1842. Stuttgart, Tübingen. I. p. 4, 7, 9.

Will: Über das Leuchten einiger Seetiere. — Arch. für Naturg. Jahrg. 10. Bd. 1. 1844. p. 328—337.

Willemoes-Suhn, v.: Von der Challenger Expedition VI. — Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 26. p. 81.

Wilmot: Merkwürdiger leuchtender Fleck im Meere. — Ausland 1844. p. 180.

Young: Das Spektrum des Lichtes von Elater noctilucus. — Lotos 1870. Jahrg. 20. p. 51—52.

Zschokke: Über das Leuchten der Ostsee. — Kastner's Arch. f. d. ges. Naturw. Bd. 17. p. 89—90.