

Beiträge zur Kenntnis der Leuchtorgane einheimischer Lampyriden.

Von

Johannes Bongardt.

Mit Tafel I—III und 4 Figuren im Text.

Obschon man den Phosphoreszenzerscheinungen der Thiere seit langer Zeit ein lebhaftes Interesse entgegenbrachte, ist die Literatur über die Leuchtorgane unserer Leuchtkäfer nicht sehr umfangreich. Dennoch finden sich in ihr viele Widersprüche. Ob die Tracheenkapillaren der Leuchtorgane Anastomosen bilden oder nicht, ob sie in Zellen enden oder zwischen den Zellgrenzen verlaufen, ob sie mit Bindegewebszellen in Verbindung stehen oder nicht: das sind Fragen, die noch immer der Entscheidung harren. Auch das Verhalten der Nervenenden in den Organen, sowie der physiologisch-chemische Vorgang des Leuchtens ist noch in tiefes Dunkel gehüllt. Daß auch meine Untersuchungen nur einen kleinen Beitrag zur Lösung dieser Probleme liefern, beruht zum Teil auf der Unzulänglichkeit meiner Kräfte, zum Teil auf dem Umstand, daß die Flugzeit der Lampyriden nur wenige Wochen währt, die Untersuchungen an konserviertem Material aber mit großen Schwierigkeiten verknüpft sind. Sollte meine Arbeit, die einen Beitrag zur Lösung der Widersprüche bezüglich der Leuchtorgane der Lampyriden bietet, dennoch Anstoß zu weiteren Untersuchungen geben, so hat sie ihren Zweck erfüllt.

Die Anregung zu vorliegenden Untersuchungen gab mir Herr Professor Dr. BÜTSCHLI. Es sei mir an dieser Stelle gestattet, meinem hochverehrten Lehrer für das Interesse, das er meinen Untersuchungen stets entgegenbrachte, sowie für die außerordentlich liebenswürdige Unterstützung, die er mir dabei zu teil werden ließ, meinen verbindlichsten Dank auszusprechen. Ebenso ist es mir eine angenehme Pflicht, Herrn Professor Dr. SCHUBERG meinen aufrichtigen Dank

auszusprechen, vor allem für seine wertvollen technischen Anweisungen. Ferner bin ich noch Herrn Dr. GOLDSCHMIDT für seine Mithilfe und Herrn Cand. zool. LOESER für seine Unterstützung bei physiologischen Experimenten zu großem Danke verpflichtet.

I. Historisches.

Schon im Jahre 1782 fand FORSTER, daß die Lampyriden in Sauerstoff intensiver leuchten als in der gewöhnlichen Atmosphäre. Dadurch erlangte für ihn die Hypothese, daß die leuchtende Materie eine flüssige, in irgend einer ihm angemessenen tierischen Flüssigkeit aufgelöster Phosphor sei, neue Wahrscheinlichkeit. SPALLANZANI bemerkte ein sehr intensives Leuchten der Organe, sobald er sie mit einer Nadel reizte. Nach MACAIRE (1822) regt der galvanische Strom *Lampyrus italica* zu intensivem Leuchten an. Ferner fand er, daß das Licht in indifferenten Gasen, in Öl und fetten Substanzen, sowie Temperaturen über 52° und unter 12° C. erlischt, daß Chlor, Salpeter- und Schwefelsäure das Licht für immer vernichten.

Die ersten histologischen Untersuchungen der Leuchtorgane verdanken wir LEYDIG (1857). Er hielt sie für modifizierte Teile des Fettkörpers, welche mit dunkeln Körnchen erfüllt sind. KÖLLIKER (1858) deutete sie als nervöse Apparate, die ihre nächsten Analoga in den elektrischen Organen der Fische fänden. Das Leuchten hielt er für eine Begleiterscheinung der Eiweißumsetzung (Oxydation), die unter direktem Einfluß des Nervensystems stehe. KÖLLIKER konstatierte ferner, daß die Leuchtorgane aus einer blassen, durchsichtigen und einer weißen, undurchsichtigen Lage bestehen. Erstere ist Träger der Leuchtsubstanz und arm an Körnchen, während letztere reich mit Körnchen versehen ist, die aus harnsaurem Ammoniak bestehen. Zwischen beiden Lagen sollen sich Übergänge finden. KÖLLIKER wies ferner darauf hin, daß die Tracheen von der dorsalen Seite in die ventral gelegenen, dagegen von der medianen Seite in die lateralen Organe eintreten; daß sie sich zwischen den blassen Zellen reichlich verästeln und sich schlingenförmig miteinander verbinden. Die Nerven beschreibt er als blasse Fasern, die an den Teilungsstellen mit kernhaltigen Anschwellungen versehen sind. Eine Verbindung der Nerven mit den Zellen der Leuchtorgane vermochte er nicht nachzuweisen. Durch zahlreiche Experimente konstatierte er dann noch, daß Schwefelsäure, Salzsäure von 3—25%, Salpetersäure, Phosphor-, Essig-, Wein-, Zitronen-, Oxal- und Chromsäure, ferner wasserfreier Äther, Chloroform und Chlordämpfe die Lichtintensität erhöhen, Dämpfe von Blausäure und Coniin dagegen die Fähigkeit zu leuchten dauernd vernichten. MILNE EDWARDS (1863) bestätigte, daß das Leuchten nur bei Anwesenheit von Sauerstoff erfolgt, und daß es unter dem Einfluß des Nervensystems steht.

MAX SCHULTZE (1865₁) zeigte, daß die dorsale und ventrale Lage der Männchen von *Lampyrus splendidula* auf Schnitten scharf voneinander abgesetzt erscheinen, und daß nur die ventrale leuchtet. Die feinen Körnchen dieser Schicht sollen frei sein von Harnsäureverbindungen. Mit Hilfe von Macerationsmitteln — Jodserum oder Oxalsäurelösung — fand SCHULTZE, daß die Spiralfaser in den Tracheen nur so weit reicht, als sie mit Luft gefüllt sind. Von da an setzt die Trachee sich in ein blasses Fäserchen fort, das nicht mehr hohl zu sein scheint, sich verdickt und in einen sternförmigen Körper übergeht, den

SCHULTZE Tracheenendzelle nannte, da er in ihm einen kugeligen oder ovalen Kern wahrzunehmen glaubte. Von dieser Zelle, die der Verfasser ihrer Form nach mit den kleinen Ganglienzellen der grauen Rinde des Hirns von Säugetieren vergleicht, strahlen vier bis sechs Fortsätze nach verschiedenen Richtungen aus, die fein zugespitzt sind oder wie abgerissen aufhören. Eine Verbindung der Fortsätze benachbarter Zellen untereinander hat SCHULTZE nie gesehen. Wohl aber hält er es für wahrscheinlich, daß der Zusammenhang zwischen diesen sternförmigen Zellen und den Leuchtzellen auf einer Verbindung beider mittels Fortsätze beruhe. Das Vorkommen von Tracheenendzellen ist übrigens nichts Charakteristisches für die Leuchtorgane. Bereits LEYDIG (1851) fand solche Gebilde in der Larve von *Corethra plumicornis*. M. SCHULTZE fand sie weiter an den Samenschläuchen von *Lampyrus splendidula*.

Wesentlich gefördert wurde das Studium der Tracheenenden durch Anwendung der Übersmiumsäure (OsO_4), die M. SCHULTZE in die mikroskopische Technik einführte. Aus der wässrigen Lösung dieser Säure scheiden nämlich leicht oxydierbare Stoffe einen schwarzen Körper ab, nach SCHULTZE eine niedere Oxydationsstufe des Osmiums oder das Metall selbst. Werden daher lebende Lampyriden in eine wässrige Lösung dieser Säure gelegt, so werden schon nach 3—5 Stunden die Tracheenendzellen mit ihren Ausläufern schwarz gefärbt, während in den sog. Parenchymzellen des Leuchtorgans — abgesehen von den der Endzelle anliegenden — und in anderen Körperteilen kaum Spuren einer Osmiumreduktion nachzuweisen sind. In einer weiteren Arbeit (18652) wies M. SCHULTZE nach, daß vorwiegend die eiweißartigen Substanzen und Fette durch die Osmiumsäure schwarz gefärbt werden. Während SCHULTZE in seinen ersten Untersuchungen glaubte, die Tracheen endeten in der Endzelle, kam er in der erwähnten zweiten Arbeit zu dem Resultat, daß sich die mit Luft gefüllten Tracheen noch verästeln. Diese Erscheinung war ihm in den ersten Untersuchungen infolge zu intensiver Schwärzung der Tracheenendzellen entgangen. Doch bezweifelte er jetzt die zellige Natur des sternförmigen Körpers, da die ampullenartige Erweiterung der Tracheenäste leicht zu Verwechslungen mit Kernen Veranlassung geben könnten. Auch war SCHULTZE noch in Zweifel darüber, ob die Tracheenäste wirklich im Innern der Ausläufer des sternförmigen Körpers liegen. »Man könnte die betreffende Stelle deuten, als wenn eine zarte Scheide des Tracheenästchens sich zu einem blasigen Körper ausgeweitet habe genau an der Stelle, wo das plötzliche Zerfallen der Ästchen in die feinen Endverästelungen statt hat. Jede der letzteren würde dann von einer Fortsetzung der Scheide umhüllt sein. Daß es den Eindruck macht, als läge der Anfang dieser Endverästelung außerhalb des blasigen Körpers, müßte darin seinen Grund haben, daß die Ausweitung der Scheide nur nach einer Seite stattgefunden hätte. Bei solchem Zustandekommen der eigentümlichen Bildung würde es freilich zweifelhaft, ob die Blasen die Bedeutung von Zellen hätten. Kerne haben wir in ihnen nicht deutlich erkennen können.« M. SCHULTZE beschreibt dann noch Nerven, die am Ende eiförmige Körperchen tragen, die wie Beeren an Stielen aufsitzen, die jedoch der Haut des Körpers angehören und den von LEYDIG (1851) entdeckten Tastzellen gleichen.

TARGIONI-TOZZETTI (1870) untersuchte die Flüssigkeit in den Tracheenkapillaren von *Luciola italica* und vermutete, daß sich das Kapillarnetz wesentlich an der Blutcirculation beteilige.

OWSJANNIKOW (1864) untersuchte die Leuchtorgane der Larven und Weibchen von *Lampyrus noctiluca* und kam zu dem Ergebnis, daß in den Leuchtorganen

ein Leuchtstoff aufgespeichert sei. Die Organe sollen so lang leuchten, bis dieser Stoff verbraucht ist. Daß das Leuchten unter dem Einfluß des Nervensystems steht, bestreitet er (1868) ganz entschieden, da Leuchtorgane von *Lampyris noctiluca*, die mit Curare und salpetersaurem Strychnin befeuchtet wurden, noch über 1½ Stunden leuchten. Aus diesem Experiment schließt der Verfasser, daß nicht das lebende Protoplasma leuchtet, sondern ein von den Leuchtzellen produzierter toter Stoff. Trotz dieses Experimentes, und obschon PANCERI (1872) nachwies, daß *Pholas* und *Phyllirhoë* bei Wiederanfeuchtung leuchten, obschon sie zehn Tage trocken gelegen hatten, ist PFLÜGER (1875¹⁾) der Ansicht, daß die Leuchtmaterie lebendig und reizbar sei. Als positiven Beweis für die Richtigkeit seiner Ansicht erwähnt PFLÜGER, daß ein abgeschnittenes Herz lange weiter schlägt, und daß das abgeschnittene Bein eines Frosches in kühler Temperatur sein Leben viele Tage behält, daß selbst ausgeschnittene Stücke von Nerven, die nur Zellenfragmenten gleichwertig sind, ihre Reizbarkeit sehr lange erhalten. Ist die leuchtende Substanz aber reizbar, »so ist sie auch lebendige Materie; denn die Reizbarkeit ist die erste und wichtigste Funktion der lebendigen Materie«. Nach GIESBRECHT (1895) sind die Tatsachen, welche PFLÜGER anführt, nicht Dokumente dafür, daß die Leuchtmaterie selbst reizbar ist, sondern nur dafür, daß die Leuchttiere und deren Organe reizbar sind. PFLÜGER kommt dann weiter zu dem Resultat, daß der Leuchtvorgang in den Leuchtzellen nur graduell von den chemischen Vorgängen der übrigen Zellen verschieden ist.

Nach OWSJANNIKOW (1864) kommt das spontane Erlöschen des Lichts der Larven von *Lampyris noctiluca* dadurch zu stande, daß die Tiere ihre Leuchtorgane in die Leibeshöhle zurückziehen, wo sie durch Fettkörper und Eingeweide verdeckt werden. Es fiel ihm ferner auf, daß in den Leuchtorganen der Larven und Weibchen von *Lampyris noctiluca* trotz Einwirkung von Überschwefelsäure in verschiedenen Konzentrationen keine Spur von Tracheenendzellen zu finden war. HEINEMANN (1872) suchte auch vergeblich nach diesen Zellen in den Leuchtorganen von *Pyrophorus*. Seine Behauptung, daß die Leuchtzellen von Tracheenästchen durchbohrt würden und an letzteren wie Perlen aufgereiht seien, hat WIELOWIEJSKI (1882) zuerst bezweifelt, in einer späteren Arbeit (1889) aber bestätigt. In der erwähnten ersten Arbeit erachtet WIELOWIEJSKI es für unerklärlich, daß M. SCHULTZE die feinsten Tracheenkapillaren übersehen und infolge der intensiven Schwärzung der Tracheenendzellen »die völlig richtigen Angaben KÖLLIKERS über die Verbindung der Tracheenendästchen untereinander für unrichtig zu erklären sich berechtigt hielt«. Offenbar kannte WIELOWIEJSKI die zweite Arbeit SCHULTZES (1865²) nicht. In seiner ersten Arbeit (1882) weist WIELOWIEJSKI nach, daß sich typische Tracheenendzellen nur in den ventralen Leuchtorganen der Geschlechtstiere von *Lampyris splendidula* finden, daß dagegen in allen anderen Leuchtorganen der Lampyriden eine baum- oder büschelförmige Verzweigungsweise der Tracheen besteht. Ferner behauptet WIELOWIEJSKI, zwischen den Tracheenkapillaren Anastomosenbildung wahrgenommen zu haben. Auch hält er es für wahrscheinlich, daß die Tracheenkapillaren in ihrer ganzen Länge von einem protoplasmatischen Überzuge umgeben seien, den er für die Fortsetzung der Ausläufer von Tracheenendzellen hält. Mittels Kalilauge weist er nach, daß die Kapillaren aus Chitin bestehen. Weiter konstatiert er, daß diese Gebilde Röhren sind und sich den »Parenchymzellen anschmiegen und fest damit verkleben«. Die schon von SCHULTZE (1865) entdeckten »Tastzellen« hält WIELOWIEJSKI für ganglionäre Endigungen.

JOUSSET DE BELLESME¹ vergleicht (1880) das Licht der Lampyriden mit dem des Phosphors. Daß ersteres grünlicher erscheint, dürfte seinen Grund darin haben, daß es die ventrale Chitindecke des Käfers zu durchdringen hat. Nach JOUSSET'S Beobachtungen nimmt man — wenn man das Lampyridenlicht aus unmittelbarer Nähe betrachtet — ein fortwährendes Zittern auf der Netzhaut wahr. Das Spektrum des Lichtes vom Weibchen von *Lampyris noctiluca*, das der Verfasser eingehend studiert hat, ist charakteristisch durch die geringe Zahl der stark brechenden Strahlen. Die violetten Strahlen fehlen fast vollständig; die roten sind ziemlich reichlich vorhanden, am meisten aber die grünen. JOUSSET füllt weiter der sonderbare Geruch auf, der leicht wahrgenommen werden kann, wenn man die Lampyriden in die Hand nimmt oder gewaltsam zerreißt. Daß die Leuchtkäfer ihr Licht freiwillig erzeugen und wieder verschwinden lassen, ist besonders schön bei der Larve von *Lampyris noctiluca* zu beobachten. Die Erscheinung der Phosphoreszenz beruht also nach des Verfassers Ansicht auf Nerventätigkeit. Durch gesteigerte Wärme wird das Weibchen von *Lampyris noctiluca* zum Leuchten gereizt, falls die Umgebung feucht ist. Doch bewirkt die Wärme die Phosphoreszenz nur indirekt, insofern der Käfer durch Steigerung der Wärme in Erregung gerät. Wird das Tier durch zu hohe Temperatur getötet, so erlischt das Licht auf immer. JOUSSET macht weiter auf die Schwierigkeiten aufmerksam, auf die man stößt, wenn man konstatieren will, ob der elektrische Strom selbst der Erreger der Phosphoreszenz ist, oder ob das Leuchten eine sekundäre Erscheinung ist, insofern, als das Tier erst infolge der durch den elektrischen Strom bewirkten Erregung leuchtet. Bei feuchtem Wetter sollen die Lampyriden lebhafter leuchten als bei trockenem, selbst zerstückelte Organe noch nach vier Tagen. In Kohlensäure leuchten die Lampyriden nicht. Läßt man aber, nachdem sich die Tiere mehrere Stunden in diesem Gase befanden, gewöhnliche Luft zuströmen, so leuchten sie wieder intensiv. Daraus, sowie aus dem Umstand, daß die Käfer auch im Stickstoff und Wasserstoff das Leuchten einstellen, in Sauerstoff aber intensiv leuchten, schließt JOUSSET, daß die Phosphoreszenz der Lampyriden ein chemischer Prozeß ist. Er nimmt an, daß in den Zellen der Leuchtorgane eine Substanz erzeugt wird, die leuchtet, sobald sie mit dem Sauerstoff der Luft in Berührung kommt. Aus der Struktur der Organe schließt JOUSSET dann weiter, daß die erzeugte Substanz kein Sekret im gewöhnlichen Sinne sein kann. Er hält es deshalb für ein gasförmiges Produkt. Er beobachtet dann weiter, daß ein Glühwürmchen, das plötzlich zertreten wird, nie leuchtet. Daraus folgert er weiter, daß es im Leuchtorgan keinen fertig ausgebildeten Stoff gibt, welcher leuchtet, sondern daß die Erzeugung eines phosphoreszierenden Stoffes und die Verwertung desselben zu Licht voneinander zu unterscheiden sind. Diese Ansicht glaubt JOUSSET damit dokumentieren zu können, daß zwischen der Erregung des Käfers und der darauf folgenden Phosphoreszenz eine gewisse Zeit verstreicht. Auch müßte nach des Verfassers Ansicht die vollständige Zerstückelung des Organs die Phosphoreszenz begünstigen, falls ein leuchtender Reservestoff vorgebildet wäre. Zum Schluß vergleicht JOUSSET noch die Phosphoreszenz der Lampyriden mit der der Myriapoden, Crustaceen und Salpen.

EMERY (1884) bezweifelte den Zusammenhang der Nervenenden mit Zellen

¹ JOUSSET DE BELLESME, Recherches expérimentales sur la phosphorescence du Lampyre. Compt. rend. Ac. Sc. Paris. Tome XC. p. 318—321. — ROBIN et POUCHET, Journ. Anat. Physiol. Vol. XVI. p. 121—169.

irgend welcher Art. Für ganz ausgeschlossen hält er eine Anastomosenbildung der Tracheenkapillaren von *Luciola italica*.

Allen bisherigen Beobachtungen zum Trotz behauptete nun DUBOIS (1886), daß die Leuchtorgane von *Pyrophorus* nur spärlich mit Tracheen versehen seien, das Leuchten daher keine Oxydation, sondern vielmehr eine Begleiterscheinung der Entstehung der kristallinischen Stoffe sei, die sich reichlich in den Leuchtorganen des erwähnten Käfers finden. Zu dieser Hypothese glaubte DUBOIS um so mehr Berechtigung zu haben, als er — wie gesagt — die Tracheen in der leuchtenden Schicht fast gänzlich vermißt. Nach WIELOWIEJSKI (1889) hat aber DUBOIS die feinsten Tracheenkapillaren, die reichlich in die betreffende Schicht gesandt werden, übersehen, da diese sich nach dem Tode des Käfers rasch mit Blutserum füllt. Ebenso weist WIELOWIEJSKI in der erwähnten Arbeit nach, daß die schon von HEINEMANN entdeckten langen Zellreihen, die sich in den Leuchtorganen von *Pyrophorus* finden, nur scheinbar von dem von DUBOIS (1886) beobachteten bindegewebartigen Häutchen überzogen sind.

In der anderen Arbeit (1898) spricht DUBOIS über die weite Verbreitung der mit Leuchtorganen versehenen Organismen. Er nimmt an, daß dieses Vermögen möglicherweise allen Organismen zukommt, daß wir es mit unseren Instrumenten nur nicht nachzuweisen im stande sind. DUBOIS nennt das Leuchtvermögen Biophotogénese oder Fonction photogénique. Nicht nur die Geschlechtstiere leuchten, sondern auch deren Eier, z. B. bei vielen Ctenophoren, Mollusken und Insekten. Die Eier der Leuchtkäfer leuchten schon vor ihrer Ablage im Ovidukt, und zwar bis zum Auskriechen der Larven. Auch unbefruchtet strahlen sie Licht aus, das jedoch bereits nach einigen Tagen erlischt. Wird ein Ei verletzt, so leuchtet der austretende Tropfen kurze Zeit. Die Lichtstärke der Eier steht nach DUBOIS im geraden Verhältnis zu ihrer Entwicklungsstufe. Wenn die Larve von *Pyrophorus* das Ei verläßt, hat sie eine Länge von etwa 3 mm. Ursprünglich hat sie nur ein Leuchtorgan, und zwar am Kopf. Nach der zweiten Häutung sieht man am Abdomen mehrere leuchtende Stellen mit undeutlichen Konturen. Das Leuchtorgan am Kopf der Larve leuchtet, wenn das Tier gereizt wird, zuerst und erlischt beim Dunkelwerden zuletzt. Nach DUBOIS' Vermutung leuchten auch die Puppen von *Pyrophorus*. Die Leuchtorgane der Larven, welche sich zum Männchen entwickeln, behalten bei der Verwandlung ihre Lage bei und werden nur größer. Die weiblichen Pyrophoren dagegen haben mehr Leuchtorgane als ihre Larven.

Was den Verlauf der Tracheen in den Leuchtorganen angeht, so kommt DUBOIS zu dem Resultat, daß die Art der Tracheenendigung nicht zu erkennen ist, da ihm die Reduktion mit Osmiumsäure nicht gelang. Auch vermochte er nicht die den Tracheenstämmen anliegenden Nerven zu entdecken. Ferner bleibt ihm die Art der Nervenendigung in den Leuchtorganen ein Rätsel.

Wie bei den Lampyriden, so finden sich auch in den Leuchtorganen des *Pyrophorus* enorm viele Sphärokrystalle, welche doppelbrechend und stark lichtbrechend sind. Einen Unterschied zwischen alten und jungen Leuchtzellen erblickt DUBOIS darin, daß die Kerne ersterer schwer zu färben sind, die letzterer sehr leicht. Letztere Eigenschaft schreibt er auch den Kernen der Matrixzellen der Leuchtorgane zu. — DUBOIS konstatiert dann weiter, daß die Verdauungsorgane sowie der Blutgefäßapparat der Pyrophoren wie bei anderen Käfern beschaffen sind. Zur Erklärung des Leuchtprozesses nimmt der Verfasser an, daß in dem »leuchtenden Fettgewebe« Vorgänge einer energischen Histiolyse stattfinden, die durch den Eintritt von Blut in die Leuchtorgane veranlaßt wird. Der histio-

lytische Vorgang soll von der Bildung der Sphärokristalle im Innern der Leuchtzellen begleitet sein. Die Muskeln wirken nun insofern indirekt auf den Leuchtvorgang ein, als sie den Zutritt des Blutes zu den Leuchtorganen regulieren. Ihre Funktion ist wiederum von der der Nerven abhängig. »Der photosensitive Reflex hat seinen Herd in der zentralen Nervenmasse. Reize, die auf die Ganglien, von denen die Nerven der Leuchtorgane ausgehen, wirken, veranlassen die Erscheinung des Leuchtens.«

Das Leuchten selbst ist nach DUBOIS stets an die Anwesenheit von Wasser gebunden. Selbst die Leuchtorgane toter Käfer strahlten ein intensives Licht aus, sobald DUBOIS ihre Leibeshöhle mit Wasser injizierte. Der Verfasser zerrieb weiter frische Leuchtorgane von *Pyrophorus*. Diese Substanz filtrierte er und erhielt eine opalisierende Flüssigkeit mit feinen Granula, die im Dunkeln leuchtete. Im luftleeren Raume getrocknete und pulverisierte Organe leuchteten, sobald er sie anfeuchtete. Auch aus den Leuchtorganen von *Pholas* gewann DUBOIS eine leuchtende Flüssigkeit. Einen Teil dieser leuchtenden Substanz brachte er durch Schütteln, einen anderen durch Erwärmen auf 70° C. zum Erlöschen, wobei ein flockiger Niederschlag auftrat. Vermischte er darauf beide Flüssigkeiten, so erschien das Licht wieder. Die Flüssigkeitsmenge, welche durch Schütteln ihres Lichtes beraubt worden war, vermochte der Verfasser auch durch Zusatz von Alkali wieder zum Leuchten zu bringen. Es gelang ihm dann weiter, aus der leuchtenden Flüssigkeit zwei Stoffe zu isolieren, die er Luciferin und Luciferase nennt. Erstere — in kristallinischem Zustande gewonnen — zeigt einen opalisierenden Glanz und ist in Wasser, Petroleumäther, Benzin und Äther löslich. Die Luciferase soll die wesentlichen Eigenschaften löslicher Fermente zeigen. Diese beiden Stoffe genügen, um das Leuchten künstlich hervorzurufen.

DUBOIS nimmt an, daß das Leuchten von *Pyrophorus* an Granulationen gebunden ist, die in den Leuchtzellen entstehen. Zunächst sind sie colloidal, von unbestimmter Gestalt, später bilden sie Sphärokristalle von charakteristischer Brechung.

GESBRECHT (1893) machte interessante Mitteilungen über das Leuchten pelagischer Copepoden und das tierische Leuchten im allgemeinen.

GESBRECHT goß einen fast nur aus Copepoden bestehenden Auftrieb aus dem Golf von Neapel durch ein Gazefilter und beobachtete, daß die auf dem Filter zurückgelassenen Tiere lebhaft zu leuchten begannen, sobald das Wasser abgeflossen war. Er konstatierte dann weiter, daß folgende Tiere leuchten:

Pleuromma abdominale Lubd.,

Pleuromma gracile Claus,

Leuckartia flavicornis Claus,

Heterochaeta papilligera Claus,

Oncaea conifera Giesbr.

Der Verfasser beobachtete dann weiter, daß die Centropagidenarten ein grünliches Licht ausstrahlen, das ausschließlich vor den Mündungen gewisser Hautdrüsen auftritt. Letztere zeichnen sich vor den übrigen farblosen Hautdrüsen durch ihre grüngelbe Färbung aus. Sie haben bei den einzelnen Arten eine konstante und für die Spezies charakteristische Zahl und Lage. Auf Reize, die durch Druck auf das Deckglas oder durch Zusatz von destilliertem Wasser, Ammoniak, Formol, Sublimat, Alkohol oder Glycerin verursacht werden, sondern die Drüsen ein leuchtendes Sekret ab. Dasselbe ist durchaus homogen und unterscheidet sich vom Sekret der farblosen Drüsen nur durch die Färbung: Es

leuchtet erst dann, wenn es aus den Drüsen tritt. Daraus geht hervor, »daß das Leuchten nicht an dem lebenden Protoplasma der Drüsenzelle, sondern an dem von ihr produzierten toten Sekret auftritt. Das Leuchten der Copepoden ist also keine direkte Betätigung des lebenden Plasmas, sondern die Begleiterscheinung einer Veränderung am toten Sekret«. GIESBRECHT weist dann weiter nach, daß die Leuchtfähigkeit an die Gegenwart von Wasser gebunden ist, und daß das Eintreten der Erscheinung von der Menge der in dem angewandten Wasser gelösten Stoffe abhängig ist. Ob das Leuchten ein physikalischer oder ein chemischer Vorgang ist, wagt er nicht zu entscheiden. Er vergleicht die nichtleuchtenden und leuchtfähigen Hautdrüsen der Copepoden miteinander und kommt zu dem Resultat, daß es homologe Organe sind. So wie die farblosen Drüsen dazu bestimmt sind, Stoffwechselprodukte aus dem Körper zu schaffen, so haben auch die Leuchtdrüsen diese Funktion; nur daß ihr Sekret beim Kontakt mit Wasser leuchtend wird. Ähnlich wie von gewissen Copepoden wird nach GIESBRECHTS Vermutungen auch von Ostracoden, Geophiliden, Anneliden, *Pholas* ein Leuchtstoff ausgeschieden.

Zwischen dem Mechanismus des Leuchtens der *Noctiluca* und der Leuchtkäfer findet GIESBRECHT insofern eine gewisse Übereinstimmung, als bei beiden ein Leuchtstoff ausgeschieden wird, der aber, um aufzuleuchten, von der Entstehungsstelle erst fortgeschafft werden muß. Wesentlich anders soll dagegen der Leuchtprozess bei Euphausiiden verlaufen, bei welchen der Leuchtstoff einen eigentümlich geformten Körper, den sogenannten Streifenkörper bildet. — Die Frage, ob Reize die Produktion von Leuchtstoff in den Leuchtorganen der Tiere anregen, oder ob sie nur die Vorgänge veranlassen, durch welche der auch ohne Reiz sich bildende Leuchtstoff zum Aufleuchten gebracht wird, läßt der Verfasser offen. Für letztere Hypothese spricht nach GIESBRECHT das Fortleuchten der Zellen vieler Tiere post mortem. Schließlich kommt er zu dem Resultat, »daß es leuchtende Wassertiere gibt, bei denen das Leuchten ohne freien Sauerstoff und bei saurer Reaktion des Mediums zu stande kommt. Es ist als erwiesen zu betrachten, daß beim Leuchten der Organismen physiologische Vorgänge nur so weit beteiligt sind, als sie die Erscheinung vorbereiten, als sie Leuchtstoffe produzieren und in die für ihr Aufleuchten erforderlichen Bedingungen versetzen. Das Leuchten selbst ist dagegen Begleiterscheinung eines chemischen, in einigen Fällen vielleicht auch eines physikalischen Prozesses.

G. DE KERVILLE (1893) führt die Erscheinung des Leuchtens bei allen Tieren auf Bewegungsvorgänge zurück, die zwischen den Bestandteilen der Moleküle zweier verschiedener Stoffe vor sich gehen. Unter den Käfern schreibt er zwei Familien Leuchtvermögen zu, nämlich den Malacodermatiden und den Elateriden. Zu ersteren gehören die Lampyriden. Der Verfasser hält es für sehr wahrscheinlich, daß auch deren Eier und Larven leuchten. Er behauptet ferner, daß die Weibchen von *Lampyrus noctiluca* weniger häufig vorkommen als die Männchen. Man kann allerdings oft lange suchen, ehe man die erwähnten Weibchen findet. An gewissen Stellen findet man sie aber so massenhaft, daß obige Behauptung zum mindesten gewagt sein dürfte. Dahin gehört z. B. das rechte Neckarufer bei Heidelberg oberhalb der alten Brücke, ferner das Mausbachtal bei Heidelberg. Vielleicht rührt der Irrtum DE KERVILLES davon her, daß *Lampyrus noctiluca* bei uns etwa drei Wochen früher auftritt als *Lampyrus splendidula*. Durch letztere Spezies — nämlich durch deren fliegende Männchen — wird man aber gewöhnlich erst auf die Flugzeit der Lampyriden aufmerksam gemacht. Da man nun die fliegenden Männchen von *Lampyrus noctiluca* infolge ihres

schwachen Lichtes selten findet, so haben die Weibchen von *Lampyris noctiluca* meist schon ihre Eier abgelegt, wenn man Lampyriden sucht. — Nach DE KERVILLE dient das Licht der Tiere ihren Trägern zum Aufsuchen der Nahrung, zum Anlocken der Beute, zum gegenseitigen Erkennen und Auffinden, zum Bemerkenden drohender Gefahren, und dazu, Feinden Furcht einzufößen. Zum Schluß gibt er noch eine Übersicht der Tier- und Pflanzengattungen, welche leuchtende Arten enthalten. Unter den Insekten erwähnt der Verfasser: *Lipura*; *Caenis*, *Ceraplatus*, *Chironomus*, *Culex*, *Phengodes*, *Zarhipis*, *Photuris*, *Luciola*, *Megalophthalmus*, *Amythetes*, *Phosphaenus*, *Lamprohixa*, *Lampyris*, *Pelania*, *Lamprophorus*, *Aspidosoma*, *Cratomorphus*, *Photinus*, *Lucidota*, *Lucernula*, *Cladodes*, *Lamprocera*, *Pyrophorus* und *Physodera*.

WISTINGHAUSEN (1890) beschrieb Tracheenendzellen in den Sericterien der Raupen. Er unterscheidet an ihnen zweierlei Kapillaren, einmal solche, welche die Tracheenkapillaren verschiedener Tracheenendzellen miteinander verbinden, und außerdem noch feine Fäserchen, die sich nicht untereinander verbinden, sondern nach kurzem Verlauf verschwinden. Er vermutet ferner, daß die Kapillaren von einer »Peritonealhaut« umgeben sein müssen, obschon er sie nie gesehen hat. — HOLMGREM (1896) weist in dem »Tracheenepithel«, das die Tracheenkapillaren der Sericterien begleitet, »sehr kleine, bald mehr gerundete, bald mehr oder weniger lang gestreckte Kerne nach«. Da die Tracheenendzelle nicht den Abschluß der Tracheen bildet, so spricht er von »Übergangszellen«.

Schließlich macht uns PETRUNKEWITSCH (1899) noch mit der Funktion der Tracheenendzellen im Kropf von *Periplaneta orientalis* und *Blatta germanica* vertraut. Auffällig ist, daß die Tracheen durch diese »Endzellen geschlossen werden«, daß also in diesen Zellen keine weitere Verzweigung stattfindet. In den erwähnten Tracheenendzellen dieser Tiere, die er mit Fett, Öl oder Karmin fütterte, fand er diese Nahrungsstoffe wieder; von hier aus sollen sie dann ins Innere der Tracheenäste gelangen. Dort entsteht eine »intratracheale Spiralströmung, und die Stoffe rücken, der Spiralarinne der Taenidien folgend, immer weiter vor, bis sie die großen Tracheenäste erreichen«. Nun werden die Stoffe auf ihrem ganzen Wege allmählich von den Peritrachealzellen absorbiert, bis die Intima völlig frei von ihnen wird.

Schließlich wären noch die Arbeiten von RADZISZEWSKI (1877 und 1880) zu erwähnen, welcher nachweist, daß gewisse organische Stoffe leuchten, wenn sie in alkalischer Reaktion unter der langsamen Einwirkung von aktivem Sauerstoff stehen. Werden z. B. einige Centigramm Lophin in einem Probierröhrchen mit konzentrierter Kali- oder Natronlauge übergossen, so sieht man, sobald man schüttelt oder erwärmt, ein weißes, sanftes Licht, das lange leuchtet. Vermischt man 100 g Lophin mit 300 g Kallilauge, so erhält man durch Umschütteln ein Licht, bei dem man in einer Entfernung von 5 cm Buchstaben erkennen kann. Das Licht ist nach dem Verfasser schon bei 10° C. deutlich zu erkennen, wird bei langsamem Erwärmen intensiver und erreicht bei 65° C. das Maximum der Intensität. Das schönste Licht erhält man, wenn man filtrierte alkoholische Lösungen von Kali und Lophin miteinander mischt und stark schüttelt. Neben Kali spielt Sauerstoff eine wesentliche Rolle beim Leuchtprozeß dieser Substanzen. Leitet man nämlich Wasserstoff durch eine leuchtende Lophinlösung, so wird das Licht schwächer und erlischt nach 15 Minuten ganz. Leitet man Sauerstoff durch die erwähnte Lösung, so leuchtet sie sehr intensiv. Stets entweicht dabei Ammoniak. Daß diese Lichtentwicklung nicht nur als ein Oxydationsprozeß aufgefaßt werden darf, erhellt schon daraus, daß Lophin, in Eisessig gelöst und

mit übermangansaurem Kali oxydiert, kein Licht entwickelt. Auch Hydrobenzamid und Amarin leuchten in einer alkoholischen Kalilösung, außerdem Furfurin und Anisidin. Alle Glieder dieser Reihe stimmen darin überein, daß sie entweder polymerisierte Aldehyde sind, oder durch Einwirkung von Ammoniak aus Aldehyden entstehen. Auch Formaldehyd und Glukose leuchten. Das Verhalten des Formaldehyd ist nach RADZISZEWSKI beachtenswert, da nach den Beobachtungen DUCHEMINS *Noctiluca miliaris* auf zarter Haut eine ähnliche Erscheinung wie Brennesseln hervorbringt. Daraus schließt RADZISZEWSKI, daß *Noctiluca* möglicherweise ebenso wie Ameisen Ameisensäure ausscheidet. Ein Unterschied würde nur darin bestehen, daß *Noctiluca* nicht direkt Ameisensäure ausscheidet, sondern Formaldehyd, der durch den Sauerstoff der Luft zu Ameisensäure oxydiert. Und dieser Oxydationsprozeß würde sich als Leuchten dokumentieren.

Außer den erwähnten Substanzen leuchten auch die Fette, besonders aber die fetten Öle. Von den Alkoholen leuchten diejenigen, die mehr als vier Kohlenstoffatome im Molekül enthalten, und zwar dann, wenn sie mit Kalium- oder Natriumhydroxyd erwärmt werden. Je höher ihr Siedepunkt liegt, je größer also ihr Molekulargewicht ist, desto intensiver vermögen sie zu leuchten. Es ist immerhin beachtenswert, daß die erwähnten Alkohole sehr leicht oxydierende Eigenschaften annehmen, was durch Vermischen mit verdünnter Indigolösung — die schnell entfärbt wird — konstatiert werden kann. Wahrscheinlich verlieren die Alkohole erst Wasserstoff, wodurch sie zu Aldehyd werden. Der in der Weise entstehende aktive Sauerstoff soll sich dann in alkalischer Reaktion mit Aldehydmolekülen verbinden, ein Vorgang, der den Chemismus der Phosphoreszenz ausmachen soll. »Wenn man nun bedenkt, daß in lebenden Organismen sehr leicht aktiver Sauerstoff entsteht, so beruht das Leuchten der erwähnten organischen als auch der organisierten Körper auf demselben Prinzip. Die Phosphoreszenz ist dann weiter nichts als ein spezieller Fall des unter dem Namen der physiologischen Oxydation bekannten Prozesses.«

II. Untersuchungsmethoden.

Zum Konservieren der Leuchtorgane benutzte ich 70% Alkohol, Sublimatessigsäure, Pikrinschwefelsäure, Übersmiumsäure und HERMANNSche Flüssigkeit. Letztere ist allerdings wenig empfehlenswert, da in ihr die Leuchtorgane brüchig und zu intensiv geschwärzt werden. Die trefflichsten Dienste beim Studium der Tracheen leistete mir die Übersmiumsäure (OsO_4). Legt man nämlich lebende Lampyriden in eine wässrige Lösung dieser Säure, so findet man schon nach 3—5 Stunden eine Schwärzung der Tracheenendzellen und ihrer Fortsätze. Diese Schwärzung tritt schon bei einer Verdünnung von 1:1000 ein. Leider ist die Maceration solcher Präparate mit großen Schwierigkeiten verknüpft. Zum Macerieren benutzte ich das von M. SCHULTZE empfohlene Jodserum, sowohl künstliches als natürliches, HERTWIGSche Mischung, Essigsäure 20%, Chromsäure 1:5000 und Salpetersäure 20%. Zu den besten Resultaten gelangte ich mit Salzsäure 6%, in der ich die Objekte einige Tage einer Temperatur von 40° C. aussetzte. Leider erlitten die Nerven bei dieser Behandlung eine tiefgehende Veränderung. Insofern erwies sich die Maceration mit Osmiumsäure 1:2000 bei 40° Wärme günstiger, zumal bei längerem Liegen in dieser Flüssigkeit die Nerven gebräunt werden. Sehr gute Kernfärbung erhielt ich durch Anwendung von Boraxkarmin; zum Differenzieren diente angesäuerter Alkohol. Um eine intensive Schwärzung der Tracheenendzellen und namentlich ihrer Fortsätze zu erhalten,

wandte ich eine Osmiumsäurelösung von 1:250—1:600 an. Bei einer solchen Schwärzung entgehen jedoch die feinen Tracheenkapillaren leicht der Beobachtung. Bislang war keine Methode bekannt, um eine intensive Schwärzung der Tracheenkapillaren selbst zu erzielen. Nach vielen Versuchen gelang es mir nun, sie schwarz zu färben, so daß sie sich von dem umliegenden Gewebe deutlich abheben. Zu dem Zwecke wurden mit Alkohol oder Sublimatessigsäure konservierte Leuchtorgane mit Boraxkarmin gefärbt und mit angesäuertem Alkohol extrahiert, darauf 24 Stunden in destilliertem Wasser ausgewaschen, über Nacht in eine wässrige Überosmiumsäurelösung von 1:400 gelegt, dann direkt in rohen Holzessig übertragen, auf etwa 8—10 Stunden. Darauf wurde das Objekt mit destilliertem Wasser ausgewaschen, mit Alkohol gehärtet und in Paraffin eingebettet. Die Kapillaren traten auf solchen Präparaten (Taf. II, Fig. 2) sehr scharf als tief schwarze Fäden hervor, während die Tracheenendzellen und ihre Fortsätze, sowie die Leuchtzellen kaum eine Spur von Schwärzung zeigten. Als Plasmafärbung leistete mir bei solchen Präparaten Bleu de Lyon gute Dienste. Die erwähnte Methode hat vor andern den Vorzug, daß sich die Schwärzung auf die Kapillaren beschränkt, infolgedessen der Bau der Tracheenendzellen zu erkennen ist. Insofern bildet dies Verfahren ein Gegenstück zu den allein mit Osmiumsäure behandelten Präparaten. Daß nach dieser Methode die Kerne vor der Einwirkung der Osmiumsäure gefärbt werden können, und daß sie auch mit Erfolg an konserviertem Material verwertet werden kann, erhöht ihren Wert. Letzterer Umstand ist um so wesentlicher, als die Flugzeit der Lampyriden kurz ist.

Noch auf eine andere Weise gelang es mir, die Tracheenkapillaren intensiv schwarz zu färben. Zu dem Zwecke legte ich lebende Lampyriden etwa 3—4 Stunden in Osmiumsäurelösung (1:750), präparierte hierauf die Organe aus dem noch lebenden Tiere, konservierte sie mit konzentrierter Sublimatlösung, der ich 1% Kochsalz zufügte, wusch dann mehrere Tage mit wässriger und alkoholischer Jodjodkaliumlösung aus, bettete die Objekte in Paraffin ein und legte die mit destilliertem Wasser ausgewaschenen Schnitte in Goldchlorid (10%) etwa 24 Stunden, schwenkte sie in destilliertem Wasser ab und reduzierte in Ameisensäure (10%) in diffusum Licht etwa 8—10 Stunden. Auf die Weise erhielt ich Präparate (Taf. I, Fig. 5), auf denen in den Kapillaren und an der Spiralfaser der Tracheenstämme tiefschwarze Körnchen perlenartig angeordnet sind. Die Leuchtzellen sind ziegelrot, die Tracheenendzellen dunkelrot gefärbt, ebenso ihre Fortsätze und die Kerne. Darin liegt gerade ein wesentlicher Vorzug vor der vorigen Methode, daß solche Bilder gestatten, die Fortsätze der Tracheenendzellen und die Kapillaren im Zusammenhang zu studieren. Die Schwärzung der Kapillaren gelang mir sowohl in den Organen der Männchen von *Lampyrus splendidula* als auch der Weibchen von *Lampyrus noctiluca*.

Sehr große Schwierigkeiten bereitet das Studium der in den Leuchtorganen verlaufenden Nerven. Fast ohne Erfolg versuchte ich die Goldimprägnationen nach APÁTHY, COHNHEIM, RANVIER und VIALLANES. Wohl waren auf solchen Präparaten die Nerven mit ihren Kernen zu sehen. Aber es fehlte ein Kriterium für die Erkennung der feinsten Nervenendigungen, da sich auch Zellgrenzen und Tracheenfortsätze wie Nerven gefärbt hatten. Auch GOLGIS Methode führte nicht zu den gewünschten Resultaten. Ferner brachten mich Versuche mit Silberchromat, sowie Injektionen von Methylenblau (2%—1:1500) beim Studium der Nerven nicht weiter. Schließlich versuchte ich die Nerven noch mit mono- oder dichromsaurem Silber in Verbindung mit Überosmiumsäure zu färben, aber

auch ohne Erfolg. Nach Behandlung mit Pikrinsäure und Eosin waren auch nur die Hauptnervenstämme untrüglich als Nerven zu erkennen.

Die besten Präparate zum Studium der Nerven verdanke ich der Behandlung mit Osmiumsäure. Wurden nämlich die Lampyriden 3—6 Tage in eine wässrige Lösung dieser Säure (1:300) gelegt, so nahmen die Nerven eine bräunliche Farbe an. Behandelte ich solche Präparate noch mit Boraxkarmin, so traten auch die Nervenkerne deutlich hervor. Auch hatten solche Präparate den Vorzug, daß sie das Verhalten der Nerven zu den Tracheenendzellen aufzudecken ermöglichten.

Zum Auflösen der Konkretionen der undurchsichtigen Schicht von harnsaurem Ammoniak bediente ich mich einer Sodalösung (5%). Zur Isolation der größeren Tracheenstämme behandelte ich die Objekte mit Kalilauge (1—3%) oder künstlichem Magensaft bei 40° C. Wurden solche Präparate noch mit Orcein gefärbt, so war die Anordnung der größeren Tracheenstämme leicht zu übersehen.

III. Topographie der Leuchtorgane.

Unsere Fauna enthält von Leuchtkäfern *Lampyris splendidula*, *Lampyris noctiluca*, sowie *Phosphaenus hemipterus*. Letzterer soll sehr selten vorkommen. Das ist wohl der Grund, weshalb der feinere Bau seiner Leuchtorgane noch nicht untersucht wurde. Ich fand die Larven dieser Art sehr zahlreich in der Koniferenanlage des Heidelberger Schlosses und auf dem Heidelberger Friedhof, wo sie fast den ganzen Sommer leuchteten. Trotz vielen Suchens erlangte ich jedoch nur ein Geschlechtstier, was wohl darauf beruht, daß sie äußerst versteckt leben. In der Gefangenschaft laufen sie unruhig hin und her. Da mir nicht mehrere ausgebildete Käfer dieser Species zur Verfügung standen, so bin ich auch nicht im stande, eine Beschreibung ihrer Leuchtorgane zu geben.

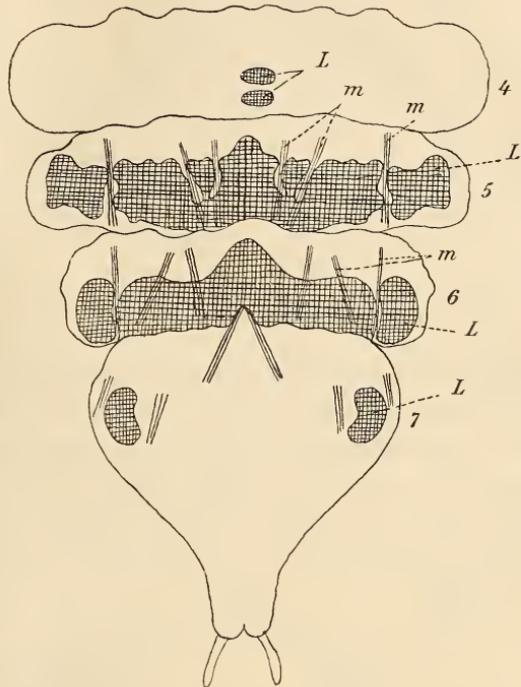
Das Männchen von *Lampyris splendidula* trägt die Leuchtorgane an der Ventralseite des vorletzten und drittletzten Abdominalsegments. Sie liegen der Hypodermis unmittelbar an. Die Chitindecke ist über den Leuchtorganen durchsichtig, so daß sie als weiße Flecken durchschimmern. Eine solche pigmentlose Stelle der Chitindecke findet sich auch zu jeder Seite der Medianlinie auf der Ventralseite des zweiten Abdominalsegments. Die Leuchtorgane des Männchens von *Lampyris noctiluca* sind dagegen von außen schwieriger wahrzunehmen, da sie von pigmentiertem Chitin verdeckt werden. Damit hängt es wohl zusammen, daß ihr Licht relativ schwach ist. Die Organe dieser Männchen liegen als zwei ovale Gebilde im letzten Abdominalsegment.

Das Weibchen von *Lampyris noctiluca* besitzt im fünften und sechsten Abdominalsegment je ein Leuchtorgan, das fast die ganze ventrale Seite des betreffenden Segments einnimmt. Jedes Organ wird

von sechs Muskelbündeln in sieben Lappen geteilt (Textfig. 1). Außerdem findet sich noch je ein kleines Organ an den Rändern der Ventralseite des siebenten Segments. Außerdem fand ich noch zwei kleine Leuchtorgane auf der Ventralseite des vierten Abdominalsegments, median hintereinander gelegen. Diese waren bisher unbekannt, wahrscheinlich deshalb,

weil die Chitindecke, der sie anliegen, an dieser Stelle undurchsichtig ist. Bei der Präparation entgehen sie den Blicken leicht, da sie dem umliegenden Fettkörper ähnlich sind. Das Abdomen des Weibchens von *Lampyrus noctiluca* ist wie das der übrigen Lampyriden mit vielen Tastborsten versehen, die sowohl an den Dorsal- als auch an den Ventral- und Pleuralplatten in regelmäßigen Abständen stehen. Auf den Zwischenhäuten der Segmente, sowie den Pleuralhäuten finden sich an deren Stelle Härchen, denen die Sinnesgruben fehlen; die Haare sind basal stark verdickt, distal zugespitzt. VERHOEFF (1895) nennt sie Häutungshaare, da sie die Aufgabe haben sollen, »der Imago beim Ausschlüpfen aus dem Nymphenskelett das Abstreifen desselben zu erleichtern«. Das Chitin der Zwischensegmenthäute färbt sich mit Orcein intensiver als das übrige; ungefärbt ist es fast durchsichtig.

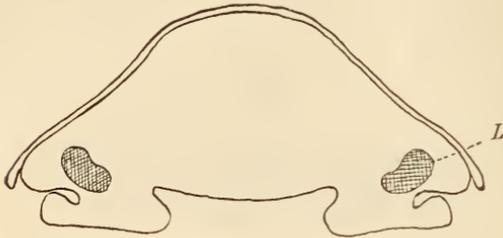
Das Weibchen von *Lampyrus splendidula* hat ein großes Leuchtorgan an der Ventralseite des sechsten Abdominalsegmentes, außerdem zwei, selten drei (ich habe letzteres nur bei drei Individuen gefunden) kleinere Organe an der Ventralseite des fünften Abdominalsegments, endlich ein kleines Organ in der Medianlinie des dritten



Textfig. 1.

Lampyrus noctiluca ♀. Ventrale Seite mit den Leuchtorganen (L) schraffiert. m, Muskeln. Vergr. 15.

Abdominalsegments. Außerdem findet man an der lateralen Seite in jedem Abdominalsegment — ausgenommen die beiden letzten — ein knollenförmiges Leuchtorgan. Es liegt an der dorsalen Seite der Seitenzipfel der Pleuren und sitzt einem kurzen Tracheenstamm auf (Textfig. 2), der vom Stigma des betreffenden Segments entspringt



Textfig. 2.

Lampyris splendidula ♀. Querschnitt durch das Abdomen.
L, knollenförmiges Leuchtorgan. Vergr. 15.

und von der Ventralseite in das Organ eintritt. Der Tracheenstamm wird begleitet von einem Nerven, der von dem Bauchganglion desselben Segments abgeht. Die knollenförmigen Organe sind wie die ventral gelegenen von einem Häutchen umgeben, das mit zahlreichen Kernen versehen ist, die sich mit Osmiumsäure schwärzen. Das Licht der knollenförmigen Organe ist nur von der dorsalen und lateralen Seite wahrzunehmen; die Organe des ersten und drittletzten Abdominalsegments sind größer und leuchten viel häufiger als die andern. Nur dann, wenn das Tier sehr intensiv gereizt wird, leuchten alle knollenförmigen Organe, selten das des zweiten Abdominalsegments.



Textfig. 3.

Lampyris splendidula. Larve, Querschnitt durch das Abdomen. Vergr. 15.

Dieses Organ verdunkelt sich auch zuerst, wenn dem Tiere die Luft entzogen wird. [Nach DUBOIS (1898) leuchtet das linke Leuchtorgan am Halschilde des *Pyrophorus* länger als das rechte, wenn das Tier gereizt wird.] Die Chitindecke der Weibchen von *Lampyris splendidula* ist pigmentlos, weshalb die weißlichen Leuchtorgane sich nur wenig vom gelblich-weißen Chitin abheben.

Eine ähnliche Lage wie die knollenförmigen Organe der Weibchen haben auch die Leuchtorgane der Larven dieser Art (Textfig. 3). In jedem Abdominalsegment — mit Ausnahme des letzten — findet sich jederseits ein kleines Organ, welches einem kurzen Tracheenstämmchen, das von dem Stigma des betreffenden Segments ausgeht, aufsitzt und

bei sorgfältiger Präparation mit diesem Stämmchen herausgenommen werden kann. Nach WIELOWIEJSKI sollen diese Organe mehr gegen das Innere des Körpers vorgerückt sein als die knollenförmigen der Weibchen. Wie aber die Textfig. 2 und 3 zeigen, kann auch das Umgekehrte der Fall sein. Die Lage ist bei den einzelnen Individuen sehr schwankend. — Nach WIELOWIEJSKI (82) kann es zweifelhaft erscheinen, ob die Larven von *Lampyris splendidula* das ganze Jahr hindurch leuchten können. Nach meinen Erfahrungen leuchten sie auch im Winter. Herr Professor Dr. LAUTERBORN brachte mir 14 Exemplare, die er am Sylvesterabend in Johanniskreuz (bayrische Pfalz) gefangen hatte, und welche intensiv leuchteten. Herr Cand. med. v. GÖSSNITZ schickte mir Mitte Oktober drei Larven aus dem Harz. Ich selbst fand ferner die Larven im November, Februar, März und April leuchtend.

Die Larve von *Phosphaenus hemipterus* gleicht sehr der Larve von *Lampyris noctiluca*. Nur ist sie viel schlanker. Dorsal liegt in jedem Segment eine tiefbraune bis schwarze Chitinplatte; zwischen diesen Platten, sowie an den Seiten schimmert der rosa gefärbte Fettkörper durch, während der von der ventralen Seite sichtbare Fettkörper weiß erscheint. An der Bauchseite hat die Larve in jedem Segment eine graubraune Chitinplatte, die mit vier Sinneshaaren versehen ist, von denen zwei in der Medianebene stehen. Die beiden Leuchtorgane liegen als kleine ovale Knollen von der Größe eines Stecknadelkopfes im vorletzten Abdominalsegment, je eins am Seitenrand (Textfig. 4). Sie sind dicht von Fettkörperballen umhüllt und dorsal von einer zarten Membran umgeben.



Textfig. 4.

Larve von *Phosphaenus hemipterus*. Querschnitt durch das vorletzte Abdominalsegment.

Die beiden Leuchtorgane der Larven von *Lampyris noctiluca* haben eine ähnliche Lage in demselben Segment (Taf. I, Fig. 7 L). Auch sie sind — wie die Figur zeigt — von Fettkörperballen umgeben.

IV. Bau der Leuchtorgane.

Die Leuchtorgane bestehen aus einer durchsichtigen und einer undurchsichtigen Lage. Das Verhältnis beider Lagen ist bei verschiedenen Tieren sehr verschieden. Auf Schnitten sind die beiden

Lagen scharf voneinander abgesetzt; doch verläuft ihre Grenzlinie unregelmäßig. Die durchsichtige Lage liegt in den ventralen Leuchtorganen der Geschlechtstiere ventral, in den Organen der Larven von *Lampyris noctiluca* und *Phosphaenus hemipterus* an der inneren und dorsalen Seite. Den knollenförmigen Leuchtorganen des Weibchens von *Lampyris splendidula* scheint die Differenzierung in zwei Lagen zu fehlen, worauf WIELOWIEJSKI (1882) zuerst aufmerksam machte. Die Zellen der dunklen Lage sind dicht mit Konkretionen erfüllt, daher undurchsichtig. Beim Zerzupfen werden die Körnchen leicht ausgestreut. Sie treten in solcher Menge auf, daß sie das Studium wesentlich erschweren. Sie sind Sphärokristalle von positiver Doppelbrechung und bestehen — was schon KÖLLIKER (1864) bemerkte und sich bei meinen Untersuchungen bestätigte — aus harnsaurem Ammoniak. Die Murexidprobe gelingt leicht, und bei Erwärmen mit Natronlauge läßt sich die Entwicklung von Ammoniak nachweisen. Sie sind löslich in verdünnter Sodalösung, Kalilauge, Essigsäure, Wasser und Glycerin, namentlich bei erhöhter Temperatur. Läßt man die Leuchtorgane bei gewöhnlicher Temperatur längere Zeit in Wasser liegen, so finden sich an Stelle der Konkretionen nur noch dunkle Pünktchen; zuerst werden sie heller, dann verlieren sie ihre Doppelbrechung. Injiziert man die lebenden Lampriden mit Methylenblau (1 : 1000), fixiert dann mit Ammoniumpikrat und bringt die herauspräparierten Organe in verdünntes Glycerin, so weist die dunkle Schicht große Kristalle auf, die sich intensiv blau gefärbt haben, selbst dann, wenn das Plasma noch keine Spur von Färbung zeigt. Bei Zusatz von Kali- oder Natronlauge werden die Kristalle aufgelöst. Das Vorkommen zahlreicher Körnchen von harnsaurem Ammoniak ist übrigens nichts Charakteristisches für die Leuchtorgane. Sie finden sich nämlich ebenfalls im Fettkörper vieler Insekten. Auch die helle Schicht weist Konkretionen auf, die sich durch ihre geringe Größe von denen der dunkeln Schicht wesentlich unterscheiden, ferner dadurch, daß sie nicht so scharf konturiert sind wie jene. Sie sind in Wasser und Glycerin unlöslich. Sie sind nicht doppelbrechend; daraus schließt M. SCHULTZE (1865 1), daß sie nicht harnsäurehaltig sind. Doch dürfte dieser Schluß etwas gewagt sein. Da nun SCHULTZE außerdem »durch abwechselnde Beobachtung mittels Lampenlicht und bei Verfinsterung des Zimmers« beobachtet haben will, daß von der dunkeln Schicht gar keine Lichtentwicklung ausgeht, so kommt er zu dem Resultat, daß trotz ihres innigen Zusammenhangs beide Schichten wesentlich verschieden sein müßten.

Er nennt deshalb die Zellen der ventralen Schicht Parenchym-, die der dorsalen Schicht Uratzellen. Nach WIELOWIEJSKI (1882) unterscheiden sich beide Schichten in der Gestalt und Größe der sie zusammensetzenden Zellen wie auch im Verhalten derselben zu den Tracheen- und Nervenästelungen nicht. Man braucht aber nur die Schichten an mit Osmiumsäure und Holzessig oder an mit Osmiumsäure und Goldchlorid behandelten Präparaten zu studieren, um zu bemerken, daß die dunkle Schicht viel reichlicher mit Tracheen-Endzellen und -Kapillaren versehen ist als die helle (Taf. I, Fig. 1 *Lamp. splend.* ♂). Auch besitzen die Zellen der dunkeln Lage oft sehr große, stark verzweigte Kerne (Taf. I, Fig. 6), die ich trotz langen Suchens in der hellen Lage nie beobachtete. Die helle Lage ist ferner weniger widerstandsfähig als die dunkle. Wenn man z. B. die Leuchtorgane aus Wasser in Alkohol (95%) bringt, wie es APÁTHY für die Nachvergoldung vorschreibt, so ist es stets die helle Lage, welche gänzlich zerreißt. Noch ein auffälliger Unterschied macht sich im Verhalten beider Lagen geltend. Färbt man nämlich mit Pikrinschwefelsäure konservierte Leuchtorgane mit Hämatoxylin und Eosin oder mit Boraxkarmin und Bleu de Lyon, so findet man in der dunkeln Schicht zahlreiche Zellen mit großen, sehr dunkel gefärbten Kernen, an die stets ein Tracheenstamm herantritt. Das Plasma dieser Zellen hat sich mit Eosin viel blasser gefärbt als das umliegende und ist stets geschrumpft und sendet vier bis sieben feine Fortsätze aus. Von solchen Zerrbildern der Tracheenendzellen ist in der hellen Lage keine Spur zu entdecken. Man sieht in ihr an solchen Präparaten überhaupt nichts von Tracheenendzellen. Nach WIELOWIEJSKI verhalten sich die beiden Lagen auch wesentlich verschieden gegen Indigkarmin. Während sich nämlich beide gleichmäßig färben, wird doch nur die dorsale — und zwar ziemlich rasch — entfärbt, wenn man die gefärbten Organe in alkoholische Oxalsäurelösung bringt; die helle Lage dagegen bleibt sehr lang tiefblau tingiert. Trotzdem nimmt WIELOWIEJSKI (1882) an, daß eine allmähliche Umwandlung der Zellen der hellen Lage in die der dunkeln stattfindet. Der Umstand, daß die Grenzlinie beider Schichten sehr unregelmäßig ist und die Zellen der einen vielfach in die andere hineinragen, soll dafür sprechen. Wenn man aber bedenkt, daß die Lagen recht scharf gegeneinander abgesetzt sind und daß von Übergangszellen nichts zu entdecken ist, daß sich ferner die beiden Lagen den verschiedenen Farbstoffen gegenüber ganz verschieden verhalten, so spricht doch sehr wenig für eine solche Annahme.

Ich fand allerdings Zellen, welche einige Merkmale der Zellen beider Lagen in sich vereinigen und insofern als Übergangszellen betrachtet werden könnten; sie aber lagen nicht auf der Grenze beider Schichten. In den Leuchtorganen des achten Abdominalsegments hat nämlich das Weibchen von *Lampyris noctiluca* an der der Medianebene zugewandten Seite mehrere Zellen, die sich mit Hämatoxylin und Eosin dunkelblau färben, während sich sonst die helle Lage hellblau und die dunkle rot färbt. Durch den Mangel der Konkretionen erinnern diese Zellen an die der hellen, durch ihre sehr großen Kerne an die der dunklen Lage, obschon ihre Kerne die größten der dunklen Lage weit übertreffen (Taf. I, Fig. 4).

V. Tracheensystem.

Um die Anordnung der Tracheenstämme zu studieren, behandelte ich die Lampyriden mit Kalilauge 1% bei 40° C. oder mit Verdauungsflüssigkeit bei derselben Temperatur. Letzteres Verfahren hat den Vorzug, daß es die feineren Tracheen unversehrt läßt, ersteres den, daß es das Pigment der undurchsichtigen dorsalen Decke entfernt; durch die Kalilauge werden also die Präparate gleichzeitig aufgehellert. Gute Präparate erhielt ich nach dieser Vorbereitung durch Färben mit in Alkohol gelöstem Orcein. Die Anordnung der Stigmen habe ich genauer untersucht bei den Weibchen von *Lampyris noctiluca* und *Lampyris splendidula*. Beide Species haben in jedem Abdominalsegment jederseits ein Stigma, das in der Pleuralplatte liegt. Auffällig ist, daß auch das Stigma des ersten Abdominalsegments in der Pleuralplatte liegt, und daß es nicht größer ist als die Stigmen des zweiten bis siebenten Segments. VERHOEFF (1895) schließt daraus, daß die großen Stigmen an der Basis des Hinterleibs der Coleopteren wirklich zum ersten Abdominalsegment gehören, daß sie also sowohl morphologisch als physiologisch Abdominalstigmen sind. Die Stigmen des achten Segments sind kleiner als die übrigen. Sie liegen, da hier die Pleuren fehlen, im Seitenrande der Ventralplatten.

Die Stigmen des Männchens von *Lampyris splendidula* bestehen aus einem Chitinring, der mit der Stigmenöffnung versehen ist. Von dem Ring erstrecken sich zwei sackartige chitinöse Gebilde in das Innere des Körpers hinein. An der ventralen Seite des Chitinrings nimmt der Haupttracheenstamm seinen Anfang. Er ist sehr eng, erweitert sich jedoch bald.

Auf dem Spiralfaden größerer Tracheenstämme stehen feine Chitinhaare (Taf. II, Fig. 4). Sie sind alle proximalwärts gerichtet,

einfach oder verzweigt, und zwar kann diese Verzweigung sowohl am Grunde als auch an der Spitze der Haare stattfinden.

Die Stigmen je zwei aufeinanderfolgender Segmente sind durch Längsstämme verbunden. Außerdem sind die beiden Stigmen desselben Segments durch einen Querstamm verbunden. Von diesen Längs- und Querstämmen aus verbreiten sich dann die Tracheen durch den ganzen Körper, alle Organe desselben umspinnend oder durchdringend. Besonders stark verzweigen sie sich in den Leuchtorganen. Diese werden von Tracheenstämmen versorgt, die in dem betreffenden Segment entspringen. Außerdem treten beim Weibchen von *Lampyris splendidula* noch Tracheen in das ventrale Organ des sechsten Abdominalsegments, die vom Stigma des siebenten Abdominalsegments entspringen. Es treten hier also auch von hinten Tracheen in das Organ ein. Mittels Kalilauge kann man die Tracheenstämmchen leicht isolieren. Dabei verwirren und verknäueln sie sich aber leicht derart durcheinander, daß es sehr schwer ist, ihren natürlichen Verlauf aufzudecken. Sicherer gelangt man zum Ziele, wenn man Präparate studiert, deren Tracheenstämmchen noch mit Luft gefüllt sind. An solchen Präparaten erkennt man leicht, daß je ein Tracheenstamm — stets von einem Nerven begleitet — von der dorsalen Seite in die ventral gelegenen und von der ventralen Seite in die lateral gelegenen Organe eintritt. Im Leuchtorgan teilt sich der Hauptstamm in mehrere Äste, deren jeder wieder drei kleinere aussendet, beim Weibchen von *Lampyris noctiluca* fünf, bei der Larve von *Lampyris splendidula* zwei, deren jeder wieder drei kleinere Stämmchen aussendet. Der Tracheenstamm, der in die Leuchtorgane von *Phosphaenus hemipterus* eintritt, teilt sich dagegen in drei größere und einen kleineren Stamm (Taf. III, Fig. 1).

Verfolgt man einen Tracheenstamm an einem mit Luft gefüllten Präparate weiter, so sieht man, daß er fortgesetzt weitere Zweige aussendet, die feiner werden und schließlich aufzuhören scheinen. — Ein ganz anderes Bild gewährt jedoch ein Präparat, das mit einer Osmiumsäurelösung behandelt wurde. Legt man nämlich ein lebendes Männchen von *Lampyris splendidula* in eine wässrige Lösung von Osmiumsäure (1:400), so leben und leuchten die Tiere lange weiter. Sie leuchten auch dann, wenn sie nicht leuchtend eingelegt wurden. Nach etwa 24 Stunden sieht man, daß die Leuchtorgane gebräunt sind, mit Ausnahme von einem etwa $\frac{1}{2}$ mm breiten Rande, der weiß geblieben ist. Außerdem ist das ganze Organ mit vielen kleinen schwarzen Pünktchen versehen, die makroskopisch noch eben

wahrzunehmen sind. Hellt man ein solches Präparat mit Sodalösung (5%) auf und betrachtet es bei schwacher Vergrößerung, so sieht man, daß die feinen Tracheenstämme stark geschwärzt sind, daß aber ihr Spiralfaden plötzlich aufhört. Das Tracheenstämmchen schwillt in manchen Fällen ampullenartig an und geht in einen kleinen, sternförmigen Körper über, der sein Ende zu bilden scheint. Sowohl dieser sternförmige Körper — den M. SCHULTZE (1865) Tracheenendzelle nannte — als auch seine Fortsätze — deren jede Endzelle drei bis sieben aufweist — sind stark geschwärzt. In der Endzelle findet sich stets ein Kern, der dunkler gefärbt ist als das Plasma. An sehr intensiv gefärbten Präparaten ist der Kern nicht zu sehen. Auch die den Tracheenendzellen anliegenden Leuchtzellen sind etwas geschwärzt, indem sich die feinen Körnchen ihres Plasmas in der Umgebung der Endzellen schwärzen (Taf. II, Fig. 1). Die den Tracheenendzellen anliegenden Leuchtzellen zeigen eine deutliche feinwabige Struktur, die übrigens dem Plasma der Leuchtzellen überhaupt eigentümlich ist und vielfach sehr schön hervortritt. Die übrigen Leuchtzellen haben sich höchstens etwas gebräunt. Mit sehr starker Vergrößerung kann man die Fortsätze der Tracheenendzellen, die immer feiner werden, weiter verfolgen; sie verzweigen sich oft oder senden kurze Ausläufer aus (Taf. II, Fig. 1 u. 3). Häufig sind sie auch mit protoplasmatischen Anschwellungen versehen. Diese Ausläufer sind sehr weit zu verfolgen. Sie ziehen auf den Grenzen der Leuchtzellen hin und endigen auch zwischen denselben, oder anastomosieren miteinander. Nie habe ich mit Sicherheit beobachtet, daß ein solcher Fortsatz in eine Leuchtzelle eingetreten wäre. Sie verzüngen sich allmählich oder plötzlich (Taf. I, Fig. 3) und gehen in letzterem Falle in einen oder durch Gabelung in zwei (Taf. II, Fig. 3), selten in mehr sehr feine Fortsätze über (f' auf Taf. II, Fig. 1 u. 3), die fast regelmäßig auf den Zellgrenzen verlaufen und reichlich anastomosieren. So wird das ganze Leuchtorgan von einem Netz dieser feinsten Fortsätze der Tracheenendzellen durchzogen. Die Anastomosenbildung ist sowohl auf Total-, als auch auf Macerationspräparaten und Schnitten deutlich wahrzunehmen.

HOLMGREM (1896) will in den Fortsätzen der Tracheenendzellen der Spinndrüsen von Raupen, die er mit Methylenblau injizierte, kleine runde und ovale Kerne gesehen haben. Obschon ich seine Methoden bis ins einzelne auf die Lampyriden anwandte, habe ich trotz vieler Versuche und der besten Kernfärbung, die ich mit Boraxkarmin er-

zielte, nie einen Kern in den Fortsätzen der Tracheenendzellen der Leuchtorgane gefunden.

Auf Macerationspräparaten bemerkt man häufig einen Zusammenhang zwischen den feinsten Fortsätzen der Tracheenendzellen und den Leuchtzellen, der auch dann nicht gelöst wird, wenn man auf das Deckglas klopft. Wohl kann man auf diese Weise die Fortsätze zum Zerreißen bringen, ohne daß sie die Verbindung mit den Leuchtzellen aufgeben. Obschon sich also diese Fortsätze den Leuchtzellen sehr eng anschmiegen, wurde doch nie beobachtet, daß sie ins Innere der Zellen eingedrungen wären. Auch habe ich nie beobachtet, daß »die Röhren (Tracheenkapillaren) sich dicht den Parenchymzellen anschmiegen und fest mit ihnen verkleben«, wie WIELOWIEJSKI (1882) behauptet. Ich habe nur eine innige Verbindung zwischen den Fortsätzen und den Zellen beobachten können. Wahrscheinlich hat WIELOWIEJSKI die feinsten Fortsätze der Tracheenendzellen mit den Kapillaren, d. h. den feinsten Tracheenröhren, verwechselt. Denn es ist sonderbar, daß er von den feinen Fortsätzen nichts erwähnt, obschon er Osmiumsäure in verschiedenen Konzentrationsgraden auf die Organe einwirken ließ und die Fortsätze viel deutlicher hervortreten als die Kapillaren. Auch in seinen Abbildungen begleiten die Fortsätze die Kapillaren überhaupt nicht (Fig. 8) oder nur auf kurze Strecken (Fig. 4—7 u. 9). Auf keiner Abbildung aber sieht man, daß die Fortsätze die Kapillaren an Länge übertreffen. EMERY (1884) nimmt an, daß die Tracheenkapillaren der Leuchtorgane von *Luciola italica* von einer feinsten Plasmaschicht überzogen sind, welche von den Fortsätzen der Tracheenendzellen herrührt, obschon sich diese Schicht mittels der angewandten optischen Mittel nicht unterscheiden ließ. Er kommt durch folgende Überlegung zu dieser Annahme: »Die Parenchymzellen sondern wahrscheinlich den Leuchtstoff ab; dieser wird von den Tracheenendzellen aufgenommen und mittels des in den Tracheenkapillaren vorhandenen Sauerstoffs verbrannt: eine solche Kombustion kann nur da stattfinden, wo die Chitinmembran der Tracheen außerordentlich fein und leicht durchdringbar ist, was eben an den Kapillaren der Leuchtplatten der Fall ist. Deshalb bräunt sich das Plasma der Tracheenzellen nur an der Gabelung der Tracheenzweige und um die Kapillaren.«

WIELOWIEJSKI vermutete gleichfalls, daß die Tracheenkapillaren von einem feinen protoplasmatischen Überzuge umgeben sind. Denn »die bei der Quellung erfolgende Schlängelung oder gar Verknäuelung der Tracheenkapillaren beweist deutlich, daß dieselben in ihrer ganzen

Länge von einem protoplasmatischen Überzuge umgeben sind, welcher zwar optisch seiner Zartheit wegen nicht direkt nachweisbar ist, trotzdem aber durch seine gleichmäßige Quellung oder Schrumpfung auf den Verlauf des eingeschlossenen Chitingebildes einen Einfluß ausgeübt hat«.

Um die feinsten Fortsätze der Tracheenendzellen mit Sicherheit von bloßen Zellgrenzen der Leuchtzellen zu unterscheiden, ist es ratsam, eine konzentriertere Lösung von Osmiumsäure (1 : 250) auf die Organe einwirken zu lassen, weil dadurch auch die Fortsätze intensiv geschwärzt werden und sich von den Zellgrenzen, auf denen sie verlaufen, als etwas Besonderes abheben. Gilt es jedoch, die letzten Enden der Tracheenkapillaren zu verfolgen, so bedient man sich besser einer Lösung 1 : 700, weil zu starke Schwärzung der Tracheenendzellen die Kapillaren verdeckt. An solchen Präparaten sieht man, daß der Tracheenast in den meisten Fällen schon vor seinem Eintritt in die Endzelle seinen Spiralfaden einbüßt und sich in der Zelle etwas verjüngt. Darauf sendet er drei bis sieben sehr feine Kapillaren aus (Taf. I, Fig. 5 u. Taf. II, Fig. 1 u. 2). Jeder Tracheenfortsatz schließt also eine Kapillare ein, in höchst seltenen Fällen deren zwei. Doch fand ich nie, daß sich die Kapillaren verzweigen, oder daß sie in feinere Kapillaren zerfallen, oder Anastomosen bilden. Gegen letztere Annahme spricht auch schon ihre relativ geringe Länge. Sie verlaufen nämlich eine Strecke weit in den Fortsätzen der Endzellen und endigen dann plötzlich. Daß sie bis zu ihrem Ende hohl sind, wird erst sicher dadurch bewiesen, daß sich sowohl bei Behandlung mit Goldchlorid (Taf. I, Fig. 5) als mit Osmiumsäure-Holzessig (Taf. III, Fig. 2) in ihnen ein feiner Niederschlag bildet, im ersten Fall in Form von kleinen schwarzen Körnchen. Im natürlichen Zustand sind sie nach M. SCHULTZE (1865¹) nicht mit Luft, sondern mit einer Flüssigkeit erfüllt. Nie habe ich beobachtet, dass die Kapillaren in Leuchtzellen eindringen. Nach HEINEMANN (1886) soll dies in den Leuchtorganen von *Pyrophorus* oft zu beobachten sein.

Die Endzellen treten übrigens nicht nur nach Behandlung mit Osmiumsäure hervor, sondern, wie schon p. 17 beschrieben, auch dann, wenn man die Leuchtorgane mit Boraxkarmin und Bleu de Lyon färbt, ferner nach der Behandlung mit Goldchlorid nach ΑΡΆΤΗΥ. Es fällt auf, daß nicht nur die Endzellen verschiedener Organe, die in gleicher Weise behandelt wurden, sondern auch desselben Organs sich recht verschieden schwärzen (Taf. II, Fig. 3). Während einige intensiv schwarz sind, sind andere nur blaß, wieder andere fast gar

nicht gefärbt. Dieselbe Eigentümlichkeit zeigen natürlich auch ihre Tracheenkapillaren. Was diese Unterschiede bewirkt, ist noch nicht definitiv entschieden. Es wäre nicht unmöglich, daß die Intensität des Leuchtens der mit Osmiumsäure behandelten Käfer auf den Grad der Färbung einen wesentlichen Einfluß ausübt. Es ist immerhin auffällig, daß die Endzellen der mit Osmiumsäure-Goldchlorid behandelten Organe gleichmäßig rot gefärbt sind, in der hellen Schicht natürlich schwächer als in der dunkeln.

Die Struktur der Leuchtorgane ist am besten an solchen Präparaten zu studieren, die, wie oben geschildert, in konserviertem Zustand mit Osmiumsäure-Holzessig behandelt wurden. Auf solchen Präparaten (Taf. III, Fig. 2) ist das Plasma der Endzellen viel blässer als das der Leuchtzellen. Auf den Grenzen der Endzellen ist die Osmiumsäure in Form von kleinen Körnchen besonders reichlich reduziert. Der Kern der Endzellen unterscheidet sich von denen der Leuchtzellen wesentlich durch seine ovale Gestalt.

In seiner zweiten Arbeit bezweifelt M. SCHULTZE merkwürdigerweise die zellige Natur der Endzellen. Nachdem er nämlich p. 300 die Lage der Tracheenästchen zu den Zellfortsätzen aufgeklärt hat, fährt er fort: »Kerne haben wir in ihnen nicht deutlich erkennen können. Die ampullenartige Erweiterung einzelner Tracheenäste könnte zu Verwechslungen mit Kernen Veranlassung geben.« Wenn nun auch an den mit Osmiumsäure behandelten Präparaten die Kerne oft sehr verdeckt, ihr Umriß undeutlich und ihre Struktur unkenntlich wird, so ist doch auf den mit Goldchlorid oder Osmiumsäure-Holzessig behandelten Präparaten der Kern als solcher so klar zu erkennen, daß wir in den von M. SCHULTZE benannten Tracheenendzellen zweifellos wirkliche Zellen vor uns haben. Denn bei letzterer Methode kann man die Kerne vor der Einwirkung der Osmiumsäure mit Boraxkarmin vortrefflich färben.

Die vorstehend beschriebenen Endzellen finden sich jedoch nur bei *Lampyrus splendidula* in den Leuchtorganen der Männchen und den ventral gelegenen der Weibchen. Legt man dagegen die Weibchen von *Lampyrus noctiluca* in Osmiumsäurelösungen verschiedener Konzentration, die man 3 Stunden bis zu 3 Tagen und noch länger einwirken läßt, so sind die Leuchtorgane wohl gebräunt; auch sind nach längerer Einwirkung die Tracheenstämme geschwärzt; aber von gefärbten Endzellen findet man nichts. Dagegen senden die noch mit ihren Spiralfäden versehenen Tracheenästchen an vielen Stellen nach den verschiedensten Seiten sowohl Tracheenzweige von ver-

schiedenen Durchmesser aus, die wieder in kleinere Zweige und Kapillaren sich verteilen, als auch ganz feine Kapillaren, die sich durch ihre enorme Länge und dadurch, daß sie sich verzweigen, von den oben beschriebenen Kapillaren unterscheiden. Ich habe die Kapillaren jedoch nur an solchen Präparaten gefunden, die mit Goldchlorid oder Osmiumsäure-Holzessig behandelt worden waren, in welchen die Kapillaren also einen Niederschlag enthielten (Taf. I, Fig. 6, Taf. III, Fig. 3 und 4). In Organen, die nur der Wirkung von Osmiumsäure ausgesetzt worden waren, sieht man nur die blaß gefärbte Peritonealhaut, d. h. das Plasma der Tracheen, das als lange Fäden im ganzen Organ reichlich nachzuweisen ist. Diese Ausläufer verzweigen sich reichlich und bilden wie die Fortsätze der Endzellen viele Anastomosen (Taf. III, Fig. 4). Den Beweis, daß die vorliegenden Gebilde nicht die Kapillaren selbst sind, kann man leicht dadurch erbringen, daß man längere Zeit Kalilauge auf sie einwirken läßt. Alsdann verlieren sie nämlich nicht nur ihre Farbe, sondern schwinden überhaupt. Es ist ferner leicht zu beobachten, daß die Peritonealhaut, die sich an den Bifurkationsstellen der Kapillaren schwimnhautartig ausbreitet, gerade so gebräunt ist wie diese Ausläufer. Es bleibt ja immerhin sonderbar, daß sowohl diese schwimnhautartigen Ausbreitungen als die feineren Ausläufer durch starke und schwache Osmiumsäurelösungen nur schwach gefärbt werden, während die Endzellen und ihre Ausläufer sich so intensiv schwärzen.

Ein ähnliches Verhalten wie die Leuchtorgane der Weibchen von *Lampyrus noctiluca* zeigen die der Larven von *Phosphaenus hemipterus*. Legt man diese Tiere 4—24 Stunden in Osmiumsäurelösung von 1:1000, so ist von den Tracheenkapillaren so gut wie gar nichts zu sehen. Dagegen hat sich die sog. Peritonealhaut der Tracheen, welche an den Hauptstämmchen sehr stark ist, intensiv gebräunt, bei längerer Einwirkung sogar geschwärzt. Außerdem enthält sie viele Körnchen und kleine Kerne. Dieselbe Beobachtung machte WIELOWIEJSKI bereits an den Leuchtorganen der Larve von *Lampyrus noctiluca*.

Der wesentlichste Unterschied im Verzweigungstypus der Tracheen in den Leuchtorganen der Männchen von *Lampyrus splendidula* und der ventral gelegenen der Weibchen einerseits und der Leuchtorgane der Weibchen von *Lampyrus noctiluca* sowie der lateralen Organe der Weibchen von *Lampyrus splendidula*, und der Leuchtorgane der Larven von *Phosphaenus hemipterus* andererseits ist also der, daß

bei ersteren die Tracheenästchen nur an ihrem Ende Kapillaren aussenden, und zwar innerhalb von besonderen Endzellen, während bei letzteren die Tracheenästchen an den verschiedensten Stellen Kapillaren abgeben, so daß eine baumförmige Verzweigung vorliegt. Die Kapillaren nehmen also nicht nur am Ende der Tracheenstämme ihren Ursprung, sondern auch an Stellen, die dem Hauptstamme nahe liegen (Taf. III, Fig. 3). Oft teilt sich auch ein Tracheenast in mehrere Äste, deren jeder an seinem Ende viele feine Fortsätze aussendet, ohne dabei in eine Endzelle überzugehen (Taf. I, Fig. 8). Nicht selten sieht man, daß ein Tracheenast sich vor seinem Ende ein wenig verjüngt, um wieder anzuschwellen und sich plötzlich zu verzweigen (Taf. II, Fig. 6).

Ein prinzipieller Unterschied zwischen beiden Verzweigungstypen existiert also nicht. Für diese Behauptung spricht schon der Umstand, daß ich an Präparaten des Weibchens von *Lampyris noctiluca*, das mit Osmiumsäure-Holzessig behandelt worden war, Zellen gefunden habe, die in vielen Punkten mit den Endzellen übereinstimmen und auch wohl als solche bezeichnet werden können. Übereinstimmung zeigen sie zunächst in ihrer Lage. Wie Taf. I, Fig. 8 *Tre* zeigt, liegen auch diese Zellen da, wo mehrere Kapillaren von einem Tracheenstamm sich abzweigen, oder wo mehrere Tracheenästchen und Kapillaren sich abzweigen (Taf. III, Fig. 3). Auch hier ist in diesen Zellen ein ovaler Kern leicht erkennbar.

Nach WIELOWIEJSKI's Vermutung soll der baumförmige Verzweigungstypus einem geringeren Atmungsbedürfnis entsprechen. Nach EMERY (1884) haben die Leuchtorgane der *Luciola italica* eine noch vollkommeneren Differenzierung, welche sich besonders in der typischen Ausbildung der Endzellen selbst und in der konstanten zweiästigen Gabelung der Tracheenendzweige kundgibt.

VI. Nerven.

Die Nerven, welche die Leuchtorgane der Männchen von *Lampyris splendidula*, der Larven von *Lampyris noctiluca* und *Phosphaenus hemipterus*, sowie die ventral gelegenen der Weibchen von *Lampyris splendidula* versorgen, entspringen den letzten Ganglien des Bauchstrangs. Sie treten von der dorsalen Seite in die Leuchtorgane ein. Die knollenförmigen lateralen Leuchtorgane der Weibchen und Larven von *Lampyris splendidula* dagegen erhalten Nerven, die dem Ganglion des betreffenden Segments entspringen; sie treten von der ventralen Seite in das Organ ein und sind ebenfalls stets

von einem Tracheenstamm begleitet. Durch das ganze Leuchtorgan verbreiten sich die Verzweigungen der Nerven, die sich den Tracheenstämmchen so eng anschließen, daß die Nervenkerne den Kernen der Matrix der Tracheen oft unmittelbar anliegen. Fast auf jedem Schnitt sieht man viele quergetroffene Nerven und Tracheen dicht nebeneinander. Die Nerven verzweigen sich meist hirschgeweihartig. Die stark verbreiterten Verzweigungsstellen sind meist mit drei bis fünf Kernen versehen, von denen sich einige durch besondere Größe auszeichnen. Die Nervenkerne sind durch ihre langgestreckte Gestalt meist leicht von den übrigen Kernen zu unterscheiden. Auch zwischen den Verzweigungsstellen weisen die Nerven viele Anschwellungen auf, die mit Kernen versehen sind (Taf. II, Fig. 3 N). An mehreren Nervenästchen ist eine Fibrille als dunkle Faser weit zu verfolgen (Taf. III, Fig. 3 N).

M. SCHULTZE (1864) hielt es für wahrscheinlich, daß die Nervenenden mit den Tracheenendzellen in Zusammenhang stehen. Ein solcher Zusammenhang ist nun nachzuweisen, wenn man die Männchen von *Lampyrus splendidula* etwa 3 bis 6 Tage lang in Osmiumsäurelösung 1 : 300 legt, das Präparat darauf mit Sodalösung aufhellt und mit Boraxkarmin färbt. Die Nerven sind dann gebräunt, die Tracheenendzellen geschwärzt. Fig. 3, Taf. II ist einem solchen Präparat entnommen. Der Nerv N tritt von der einen, N' von der anderen Seite an eine Tracheenendzelle heran. Derartige Bilder bieten oft Totalpräparate und dicke Schnitte. Namentlich begegnet man ihnen in der durchsichtigen Lage, und zwar vor allen Dingen am oberflächlichen Rand derselben, wie denn diese Gegend überhaupt relativ sehr viele Nerven aufweist.

Das Studium der Nerven wird dadurch besonders erschwert, daß bei den verschiedensten Präparationsmethoden die feinsten Nervenverzweigungen nur mit Mühe von den Ausläufern der Tracheenendzellen zu unterscheiden sind. Denn sowohl salpetersaures Silber als auch Goldchlorid wirken nicht nur auf die Nerven, sondern auch auf die Fortsätze der Endzellen derart ein, daß man nur nach sorgfältigem Studium und selbst dann kaum sicher behaupten kann, was für Gebilde vorliegen.

Um nachzuweisen, ob die feineren Nerven zweige mit Leuchtzellen in Verbindung treten, bediente ich mich verschiedener Macerationsmittel. Leider konnte die bei Macerationen der Leuchtorgane sonst sehr brauchbare Salzsäure (6%) beim Studium der Nerven nicht verwertet werden, da sie eine tiefgehende Veränderung der Nervenstruktur bewirkt,

so daß die Kerne aufgelöst werden und die Nerven als solche kaum noch zu erkennen sind. Ich maceriere deshalb mit Osmiumsäure, die noch den Vorteil bietet, daß sie die Nerven bräunt. Das Zerfallen der Organe wird durch vorsichtiges Klopfen auf das Deckglas oder durch Schütteln in einem Reagenzglaschen und Zentrifugieren bewirkt. Auf solchen Präparaten bemerkt man nicht selten, daß die feineren Nerven mit den Leuchtzellen in Verbindung treten, indem sie sich denselben dicht anschmiegen und fest mit ihnen verkleben. Daß sie aber ins Innere der Zellen bis zum Kern vordringen, wie OWSJANNIKOW (1868) berichtet, habe ich nie beobachtet. Wohl aber habe ich die von WIELOWIEJSKI zuerst abgebildeten Nervenästchen, denen mehrere längliche oder ovale Körperchen aufsitzen, die mehrere große Kerne aufweisen, gesehen.

Schließlich scheint Fig. 5, Taf. II vielleicht noch eine besondere Nervenendigungsweise zu zeigen. Die Abbildung ist einem mit Osmiumsäure behandelten Präparat entnommen. Der Nervenaufläufer (N) verzweigt sich und wird allmählich immer feiner, macht dann eine Biegung und schwillt an seinem Ende ein wenig an. Diese Anschwellung ist mit feinen Fortsätzen versehen.

Zum Schluß sei noch darauf aufmerksam gemacht, daß die ventrale Seite der Larven sowohl als auch der Geschlechtstiere unserer Leuchtkäfer mit Tastborsten versehen ist, die mit Tastzellen in Verbindung stehen. Diese von WIELOWIEJSKI (1882) beschriebenen Tastzellen sind den von LEYDIG (1851) beschriebenen Tastzellen der Larven von *Corethra plumicornis* ähnlich, unterscheiden sich aber von ihnen dadurch, »daß sie oftmals mehrlappig sind, mitunter sogar aus zwei, kaum miteinander verbundenen Hälften bestehen und ein trübkörniges, fast drüsiges Aussehen haben«.

VII. Physiologisches.

Betrachtet man die Leuchtorgane im abgeschnittenen Abdomen des Männchens von *Lampyrus splendidula* im Dunkelkasten bei schwacher Vergrößerung, so erkennt man im Leuchtorgan kleine leuchtende Punkte, deren Zahl mit der Leuchtintensität zunimmt. Obschon Größe und Helligkeit dieser Punkte bedeutenden Schwankungen unterliegen, so bleibt ihre Anordnung doch immer dieselbe. Von diesen Punkten aus verbreitet sich das Licht über das ganze Leuchtorgan. Beim allmählichen Erlöschen des Organs leuchten diese Punkte noch einige Zeit fort. Nach M. SCHULTZE (1865 1) entspricht die Zahl und Anordnung dieser Punkte etwa der der Tracheenend-

zellen. Daraus schließt er, daß es möglicherweise die Endzellen sind, an welchen die Lichtentwicklung zuerst auftritt; von ihnen aus soll sich dann das Licht auf die Leuchtzellen verbreiten. Daß aber die leuchtende Materie der Leuchtkäfer eine Zelle sei, die am Ende der Tracheen sitzt, davon sagt M. SCHULTZE mit Bestimmtheit nichts, obsehon PFLÜGER (1875 1) es von M. SCHULTZE behauptet. Ich habe nun die Zahl der erwähnten Lichtpunkte an vielen Exemplaren mit der Zahl der intensiv geschwärtzten Tracheenendzellen verglichen und kam stets zu dem Resultat, daß die Zahl der Tracheenendzellen die der Lichtpunkte bei weitem übertrifft.

Nach EMERY (1884) findet die leuchtende Verbrennung an der Oberfläche der Leuchtzellen statt, »aber außerhalb ihrer Substanz selbst«. Er nimmt an, daß von den Leuchtzellen ein Leuchtstoff abgesondert wird, der von den Tracheenendzellen aufgenommen und von dem Sauerstoff der Tracheenkapillaren verbrannt wird. Daß den Tracheenendzellen bei physiologischen Vorgängen eine große Bedeutung zukommt, beweist PETRUNKEWITSCH (s. p. 19) für die Tracheenendzellen am Kropfe von *Blatta germanica* experimentell.

Daß bei der Erklärung des Leuchtprozesses jedoch nicht nur die Tracheenendzellen zu berücksichtigen sind, geht schon daraus hervor, daß nach M. SCHULTZE (1865 1) die helle Lage des Organs leuchtet, daß aber — wie p. 17 erwähnt worden ist — gerade die dunkle Lage besonders reich an Tracheenendzellen ist (Taf. I, Fig. 1). Wenn nun auch die Schwärzung der Tracheenendzellen für ein besonderes Reduktionsvermögen dieser Gebilde spricht, so muß doch auch berücksichtigt werden, daß einerseits diese Reduktion in den Leuchtorganen der Weibchen von *Lampyrus noctiluca* gänzlich ausbleibt, und daß sich andererseits auch in der Wand der Samenschläuche von *Lampyrus splendidula*, im Fettkörper vieler Insekten, ferner in den Embryonen der Schmetterlinge, Ichneumoniden, Syrphiden und Fliegen Tracheenendzellen finden und die betreffenden Organe nicht leuchten. WIELOWIEJSKI (1882) will den Tracheenendzellen beim Leuchtprozess deshalb keine bedeutende Rolle zuschreiben, weil er einerseits ihre Verbindung mit den Nerven gänzlich vermißt, welche nach seiner Meinung notwendig vorausgesetzt werden muß wegen des Einflusses, den das Nervensystem auf das Leuchten ausübt, und weil andererseits nach ihm die Beschaffenheit des Protoplasmas der Tracheenendzellen derart ist, daß ihnen jede Fähigkeit, flüssige Stoffe abzuscheiden, abgesprochen werden müsse. Bezüglich des ersten Einwandes hoffe ich in vorliegender Arbeit die vermißte Verbindung

nachgewiesen zu haben. Den zweiten Einwand versucht EMERY (1884) zu beseitigen, indem er annimmt, daß die Leuchtzellen den Leuchtstoff absondern, die Tracheenendzellen ihn nur aufnehmen. Diese Absorptionskraft der Tracheenendzellen hat PETRUNKEWITSCH (1900) bewiesen. Die große Affinität der Tracheenendzellen zum Sauerstoff gilt WIELOWIEJSKI um so weniger als ein Beweis für die direkte Beziehung der Tracheenendzellen zum Leuchtprozesse, als z. B. die roten Blutkörperchen der Wirbeltiere ein ähnliches Verhalten zeigen, obwohl niemand diese Zellen als den eigentlichen Sitz der Oxydation im Organismus betrachten würde. WIELOWIEJSKI kommt nun zu dem Ergebnis, daß die Tracheenendzellen, sowie die von ihnen ausgehende Tracheenmatrix analog den roten Blutkörperchen der Wirbeltiere den Sauerstoff der Luft, die sich in den Tracheenästchen befindet, absorbieren und an die zunächst gelegenen Leuchtzellen abgeben. »Die durch das Nervensystem erregten Parenchymzellen, resp. deren Sekrete, beginnen von diesen Stellen aus zu leuchten, weil sie hier zunächst eine größere Menge Sauerstoff erhalten.« WIELOWIEJSKI hält das Leuchten also auch für eine einfache Oxydationserscheinung.

Bereits MACAIRE (1822) stellte fest, daß das Leuchten der Lampyriden in indifferenten Gasen, sowie in Öl und fetten Substanzen erlischt, daß ferner Chlor, Salpeter- und Schwefelsäure das Leuchten vernichten. Diese Angaben wurden von KÖLLIKER (1858), OWSJANNIKOW (1868) und MILNE EDWARDS (1863) durch zahlreiche Experimente bestätigt. Außerdem gelangten diese Forscher zu dem Resultat, daß das Leuchten in Sauerstoff sehr intensiv ist, dass es ferner der Willkür der Tiere unterworfen ist, und daß weiter verdünnter Alkohol, wasserfreier Äther, salpetersaures Silber, Chloroform und Chlordämpfe, sowie Phosphor-, Essig-, Wein-, Zitronen- und Chromsäure als Erreger wirken. Die Dämpfe von Blausäure und Coniin sollen das Leuchten für immer vernichten.

DUBOIS (1886) findet dann weiter, daß der galvanische Strom, sowie Zwicken des freigelegten Bauchmarks von *Pyrophorus* mittels einer Pinzette das Leuchten verstärken, die Schwingungen einer durch einen Elektromagneten in Bewegung gesetzten Stimmgabel sowie sehr starker Luftdruck dasselbe aber zum Schwinden bringen. Im luftverdünnten Raume wird das Licht allmählich schwächer. In einer ausgepumpten Flasche, die mit ausgekochtem Wasser gefüllt ist, leuchtet nach DUBOIS (1886) das Tier weiter; doch nimmt das Licht jetzt eine feuerrote Farbe an. Die des Wassers beraubten Pyrophoren sollen nach demselben Autor ihre leuchtende Kraft eher einbüßen als ihre Lebenskraft. Um fast ausgetrocknete Tiere wieder zum Leuchten zu bringen, genügt eine Injektion von Wasser. Injiziert man solche Tiere mit Alkohol statt mit Wasser, so erlischt das Licht recht bald und ist durch Wasser nicht wieder zum Vorschein zu bringen. Um die Bedeutung gasfreien Wassers für den Leuchtprozeß zu veranschaulichen, trocknete DUBOIS Leuchtorgane im Vakuum und bewahrte sie an einem trockenen Orte einen Monat auf. Darauf legte er sie in eine an beiden Enden mit Hähnen verschlossene Glasröhre, die er mittels der Luftpumpe evakuierte. Als er dann ausgekochtes Wasser in die Glasröhre leitete, leuchteten die Organe

noch 4 bis 5 Minuten. Werden getrocknete Organe einem Druck von 600 Atmosphären ausgesetzt, so leuchten sie nach DUBOIS noch intensiv.

DUBOIS (1886) hat weiter zu ermitteln versucht, welchen Einfluß reiner Sauerstoff auf den Leuchtprozeß ausübt. Er kommt zu dem Resultat, daß sich die Pyrophoren unter gewöhnlichem Luftdruck in Sauerstoff gerade so verhalten wie in atmosphärischer Luft, daß aber die Intensität des Leuchtens entschieden zunimmt, wenn man den Sauerstoff unter einen Druck von fünf Atmosphären bringt. Ebenso soll auch Phosphor unter gewöhnlichem Luftdruck bei einer Temperatur unter 20° C. in reinem Sauerstoff nicht leuchten.

In Wasserstoff und Stickstoff sollen nach DUBOIS sowohl die ganzen Individuen als die herauspräparierten Organe höchstens $\frac{1}{2}$ Stunde leuchten, in Kohlensäure aber das Leuchten schon früher aufhören.

Schließlich setzte DUBOIS die Pyrophoren noch verschiedenen Temperaturen aus und fand, daß sie bei — 15° C. noch intensiv leuchten, ja daß sogar bei — 100° C. noch ein helles Leuchten wahrzunehmen war.

Er konstatierte, daß das ausgestrahlte Licht der Pyrophoren ein kontinuierliches Spektrum zeigt. Es sei an dieser Stelle darauf aufmerksam gemacht, daß nicht alle phosphoreszierenden Wesen dasselbe Licht ausstrahlen, daß z. B. das Licht der Pilze nach LUDWIG (1874) wesentlich variiert. Das Licht der Lampyriden unterscheidet sich von dem der *Luciola*. Ja, dasselbe Individuum kann in verschiedenen Stadien der Entwicklung verschiedenes Licht ausstrahlen. Die Larven der Pyrophoren können sogar dreifarbiges Licht produzieren (DUBOIS, 1886). Das Lampyridenlicht ist reich an blauen und violetten, dagegen arm an roten und gelben Strahlen und geht etwas über die Linie C hinaus, das Licht des *Pyrophorus* bis F. Mit der Abnahme der Lichtstärke nimmt das Spektrum gegen die blaue Seite ab, gegen die rote zu. Das Umgekehrte findet bei erhöhter Lichtintensität statt. Werden die Tiere gereizt, so bemerkt man zuerst die grünen Strahlen, später die blauen und violetten. Je höher die Temperatur während des Reizes ist, desto brechbarere Strahlen werden wahrgenommen. Das Licht der Lampyriden ist bläulich, das von *Pyrophorus* grünlich, das von *Luciola* gelblich. Diese Variationen beruhen nach DUBOIS (1886) hauptsächlich auf der verschiedenen Lichtintensität. Denn das Licht der Eier und Puppen von *Pyrophorus* soll ebenfalls bläulich sein, weil es eben relativ schwach ist.

Auch MURAOKA (1895) hat das »Johanniskäferlicht« untersucht und kommt nach zahlreichen Versuchen zu folgendem Resultat: »Das natürliche Käferlicht verhält sich wie gewöhnliches Licht. Die durch Filtration des natürlichen Käferlichts durch Karton oder eine Kupferplatte erhaltenen Strahlen haben ähnliche Eigenschaften wie die RÖNTGENSchen oder die BECQUERELSchen Fluoreszenzstrahlen. Sie zeigen dem Karton gegenüber ein auffallendes Verhalten, das Saugphänomen, welches dem Verhalten der magnetischen Kraftlinien gegen Eisen ähnlich ist. Die Eigenschaften der filtrierten Käferstrahlen scheinen von den filtrierenden Substanzen abzuhängen, vielleicht von der Dichtigkeit der letzteren. Sie zeigen deutliche Reflexion; Refraktion, Interferenz und Polarisation konnten nicht nachgewiesen werden, doch glaubt der Verfasser, daß sie vorhanden sind.«

Die chemische Wirkung der von *Pyrophorus* ausgesandten Strahlen scheint nach DUBOIS sehr schwach zu sein, obschon sie auf sehr empfindlichen Trockenplatten tiefgehende Veränderungen hervorrufen, ja DUBOIS mittels derselben sogar photographiert hat. Aber es gelang diesem Forscher nicht, das Licht für die Assimilation von Kressen und Rettichen zu verwerten, obschon diese Pflanzen in einem Lichte assimilierten, das viel schwächer war als das der Leuchtkäfer.

Auch die Wärme, welche die leuchtenden Organe ausstrahlen, ist nach DUBOIS (1886) sehr gering. Selbst das Licht mehrerer Pyrophoren vermochte auf ein Radiometer keine Wirkung auszuüben. Ebenso gab der Thermomultiplikator bei DUBOIS' Versuchen keinen Ausschlag, selbst dann nicht, wenn man ihm den Käfer möglichst nahe brachte. Brachte DUBOIS aber das Abdomen des Käfers in unmittelbare Berührung mit dem Thermomultiplikator, so war ein ganz geringer Ausschlag wahrzunehmen.

Ich habe nun verschiedene Experimente DUBOIS' wiederholt, kam aber bezüglich des Verhaltens der indifferenten Gase zu dem Leuchtprozeß zu ganz anderen Resultaten. Ich experimentierte vorwiegend mit den Leuchtorganen der Weibchen von *Lampyris noctiluca*, weil sie größer sind und intensiver leuchten als die anderer Lampyriden.

Versuche über Trocknung der Organe und Verhalten im Vakuum. Die herauspräparierten Organe trocknete ich im Vakuum über Chlorcalcium. Ich vermied absichtlich Schwefelsäure, weil deren Dämpfe den Leuchtorganen eventuell schaden könnten. Trotz der verschiedensten Reizmittel, die ich anwandte, waren die Organe im trocknen Zustand nicht zum Leuchten zu bringen, während nicht getrocknete Organe schon infolge des geringsten Reizes leuchteten. Wurden sie jedoch mit destilliertem Wasser benetzt, so strahlten sie ein intensives Licht aus, das sich durch ein eigentümliches Flimmern auszeichnete.

Darauf brachte ich die zuerst getrockneten und dann angefeuchteten Organe in ein Glasröhrchen, aus dem ich mittels der Wasserluftpumpe die Luft bis auf 1 cm Quecksilberdruck entfernte. Das Leuchten wurde schwächer, bis es nach $2\frac{1}{2}$ Minuten gänzlich aufhörte. Sobald wieder Luft zutrat, strahlten die Organe wieder ein intensives Licht aus. Gerade so verhielten sich auch frische Leuchtorgane, die eben herauspräpariert waren.

Die in der beschriebenen Weise getrockneten Organe wurden in einem Glasröhrchen, aus dem ich die Luft mit der Wasserluftpumpe bis auf 1 cm Quecksilberdruck entfernte, und das dann zugeschmolzen war, vom 16. Juli 1901 bis zum 3. August 1902 aufbewahrt. Als sie dann herausgenommen und in der Dunkelkammer mit Wasser befeuchtet wurden, blieben sie zunächst völlig dunkel. Nach 12 Minuten war ein schwaches Leuchten wahrzunehmen, das nach längerem Aufenthalt in der Dunkelkammer immer heller wurde und schließlich in einer Entfernung von 2 m noch deutlich wahrzunehmen war. Eier von *Lampyris noctiluca*, die ich gerade so behandelt hatte, strahlten dagegen kein wahrnehmbares Licht mehr aus. DUBOIS

(1886) kam durch seine Experimente mit *Pyrophorus* zu ähnlichen Resultaten.

Versuche über Erwärmung. Ferner habe ich herauspräparierte Leuchtorgane von *Lampyrus noctiluca* ♀ in einem mit Wasser gefüllten Kochfläschchen allmählich erwärmt. Bis zu etwa 40° C. nahm das Leuchten zu, darauf wurde das Licht schwächer. Bei 58° C. schwand es gänzlich und war nicht wieder hervorzurufen.

Das Weibchen von *Lampyrus noctiluca* wurde in einer mit Wasser gefüllten Kochflasche erwärmt. Unter 23° C. leuchtete das Tier nicht. Bei allmählicher Steigerung der Temperatur leuchtete es stärker. Bei einer Temperatur von 48° schien das Tier abgestorben, leuchtete jedoch weiter. Erst bei 59° hörte das Leuchten auf. Während also die des Wassers beraubten Käfer nach DUBOIS' Beobachtungen ihre Leuchtkraft vor ihrem Tode einbüßten, leuchtet dieser Käfer noch nach seinem Tode.

Versuche mit Kohlenoxydgas. Fünf Weibchen von *Lampyrus noctiluca* wurden in eine Glasröhre gebracht, durch welche Kohlenoxydgas geleitet wurde, das ich mittels Kalilauge (50%) und konzentrierter Schwefelsäure reinigte. Die Tiere liefen unruhig hin und her. Drei von ihnen leuchteten nach 4 Minuten, 2 Minuten später auch die beiden andern Tiere. Nach 10 Minuten war das Licht sämtlicher Tiere verschwunden. Nach 3 Stunden wurde das Durchleiten von Kohlenoxyd unterbrochen. Die Käfer lagen regungslos auf dem Rücken. Ebenso fand ich sie auch am andern Morgen, jedoch intensiv leuchtend. Ich leitete nun abermals Kohlenoxydgas durch die Röhre. Nach 15 Minuten war das Licht wiederum verschwunden. Eine halbe Stunde später verschloß ich die Röhre abermals, so daß kein Kohlenoxyd mehr durchtreten konnte. 7 Minuten später leuchteten die Käfer, erst schwach, allmählich stärker, obschon die Röhre mit Kohlenoxydgas gefüllt war. Eine halbe Stunde später, während welcher die Tiere noch intensiv leuchteten, leitete ich von neuem Kohlenoxydgas durch die Röhre. 8 Minuten später war das Licht sämtlicher Tiere erloschen. Eine Stunde später — es zeigte sich noch immer keine Spur von Lichtentwicklung — unterbrach ich den Gassstrom abermals. 15 Minuten später leuchteten alle Käfer, und zwar strahlten sie nach 3 Stunden noch ein sehr intensives Licht aus. Ich leitete nun wieder Kohlenoxydgas durch die Röhre. 10 Minuten später war das Licht in dem Röhrechen verschwunden. Als nach 4 Stunden die Käfer noch keine Spur von Lichtentwicklung verrieten, verschloß ich abermals das Röhrechen. 9 Minuten später leuchteten die

Tiere hell auf. Noch am nächsten Morgen war die verschlossene, mit Kohlenoxydgas gefüllte Röhre hell erleuchtet. Die Tiere leuchteten noch am fünften Morgen in der mit Kohlenoxydgas gefüllten Röhre sehr deutlich, ebenso die Eier, die während dieses Versuchs abgelegt worden waren. Ich nahm nun die Käfer, die über 5 Tage im Kohlenoxydgas waren, aus der Röhre und legte sie auf feuchtes Filtrierpapier. Bereits am andern Morgen liefen wieder drei von ihnen umher. Vielleicht waren die beiden andern nicht durch die Wirkung des Gases, sondern infolge zu großer Trockenheit gestorben. Die Tiere sterben nämlich auch in der Gefangenschaft sehr leicht, wenn ihrer Umgebung die nötige Feuchtigkeit fehlt.

Versuche mit Wasserstoff. Wasserstoff wurde aus reinem Zink und Schwefelsäure entwickelt und mittels sehr langsamen Durch- resp. Überleiten durch Kalilauge, Schwefelsäure, Silbernitratlösung über Chlorcalcium und eine glühende Kupferspirale möglichst gereinigt, alsdann trat er in eine Glasröhre mit fünf Weibchen von *Lampyrus noctiluca*. Das Leuchten derselben wurde schwächer, und nach 50 Minuten hörte es ganz auf. Nach 4 Stunden wurde die Glasröhre mittels Quetschhähnen an beiden Enden abgeschlossen. 8 Minuten später leuchteten die Tiere wieder intensiv, und zwar mehrere Stunden ununterbrochen. Am nächsten Morgen lagen sie regungslos auf dem Rücken, leuchteten aber noch. Ich leitete nun abermals Wasserstoff durch die Glasröhre. Nach 10 Minuten hörte das Leuchten auf. Nachdem die Röhre abgeschlossen war, begannen die Käfer nach 12 Minuten wieder zu leuchten. Nach 5 Stunden war ihr Licht noch sehr hell. Wiederholtes Durchleiten von Wasserstoff, worauf nach 9 Minuten das Licht wieder erlosch. Als dann am nächsten Morgen, als die Tiere noch immer keine Spur von Lichtentwicklung zeigten, der Strom wieder unterbrochen wurde, begannen die Käfer nach 14 Minuten wieder zu leuchten. Noch am fünften Morgen leuchteten die Tiere in der verschlossenen, mit Wasserstoff gefüllten Röhre. Nun legte ich die Käfer auf feuchtes Fließpapier. Bereits nach 38 Stunden liefen sie munter einher. Es sei noch bemerkt, daß bei diesem Versuch die Verbindungsrohre der einzelnen Gefäße ganz dicht aneinandergebracht und mit Wollfett eingerieben, und daß sämtliche Kautschukverbindungen sorgfältig unterbunden waren. Daß man jedoch trotz aller Vorsichtsmaßregeln keinen chemisch reinen Wasserstoff erhält, so lange man überhaupt Apparate mit Kautschukverbindungen benutzt, selbst dann nicht, wenn letztere möglichst kurz sind, darauf macht ja schon KÜHNE (1898)

aufmerksam. Er setzte deshalb seine Apparate durch Anschmelzen des Glases zusammen, und selbst für diese soll BUNSENS Vorschrift gelten, das Gas wenigstens eine Woche durchzuleiten, um die dem Glase anhaftende Luft wenigstens einigermaßen mit Sicherheit zu entfernen.

Versuche mit Kohlensäure. Aus Marmor und Salzsäure entwickelte Kohlensäure wurde durch eine Lösung von doppeltkohlensaurem Natron langsam geleitet, um sie von den Salzsäuredämpfen zu befreien. Das Gas trat dann in eine Röhre, in der sich fünf nichtleuchtende Weibchen von *Lampyrus noctiluca* befanden. Nach 6 Stunden wurde die Röhre mittels Quetschhähnen abgeschlossen. 9 Minuten später begannen drei, nach 14 Minuten auch die beiden anderen Käfer zu leuchten und taten dies noch am nächsten Morgen. Es wurde nun von neuem Kohlensäure durch die Röhre geleitet. Das Licht erlosch nach 8 Minuten. 3 Stunden später wurde die mit Kohlensäure gefüllte Röhre wieder abgeschlossen. Nach 13, bei späteren Versuchen nach 8 und 11 Minuten leuchteten die Tiere wieder sehr intensiv. Dieselbe Tatsache konnte ich konstatieren, nachdem die Tiere 4 Tage in der Kohlensäure gelebt hatten. Auch waren sie keineswegs gestorben, obschon sie — nachdem sie auf feuchtes Fließpapier gelegt waren — 18 Stunden gebrachten, ehe sie wieder Lebenszeichen von sich gaben.

Versuche mit Sauerstoff. Vier Weibchen von *Lampyrus noctiluca* wurden in ein Röhrechen gebracht, durch das Sauerstoff geleitet wurde, der aus Braunstein und chlorsaurem Kali hergestellt und durch vorgelegtes Wasser gereinigt war. Zwei Käfer leuchteten schon nach 2 Minuten, allerdings schwach. Als ich nach 1 Stunde den Strom unterbrach, leuchteten alle Käfer intensiv und zwar noch nach 6 Stunden. Sobald wieder Sauerstoff durchgeleitet wurde, nahm die Lichtintensität ab, bis nach 40 Minuten nur noch zwei Käfer schwach leuchteten.

Versuche mit Stickoxydul. Durch ein Röhrechen, in dem sich vier Tiere befanden, wurde Stickoxydulgas geleitet. Die Käfer liefen unruhig im Röhrechen auf und ab. Nach $\frac{1}{2}$ Stunde war kein Licht mehr wahrzunehmen. Das Röhrechen wurde verschlossen. Bereits nach 4 Minuten leuchteten drei Tiere intensiv, obschon sie regungslos in der Röhre lagen. 2 Minuten später leuchtete auch der vierte Käfer. Am nächsten Morgen leuchteten noch drei Käfer. Ich leitete von neuem Stickoxydul durch die Glasröhre. Nach 11 Minuten war auch das letzte Licht geschwunden. Nun wurde die Röhre abgeschlossen; zwei Lampyriden leuchteten nach 7, die

beiden anderen nach 10 Minuten und zwar bis zum nächsten Morgen.

Einfluß eines Luftstroms. Bei allen in Vorstehendem geschilderten Experimenten fällt auf, daß die Wirkung sämtlicher Gase — mit denen ich experimentierte — auf den Leuchtprozess nur sehr geringe Verschiedenheiten darbietet, daß die Tiere sowohl in Sauerstoff und Stickoxydul als auch in Kohlenoxydgas, Wasserstoff und Kohlensäure nach 4 bis 6 Tagen noch leuchteten, daß aber das Leuchten aufhört, so lange eins der Gase durch die Röhre geleitet wird. Es lag deshalb die Annahme nahe, daß die Strömung des Gases den Leuchtprozeß hemmt; daß dies der Fall ist, bestätigte in der Tat folgendes Experiment:

Durch ein Röhrchen, in dem sich drei Käfer befanden, wurde ein Luftstrom geleitet. Kein Tier leuchtete. Darauf wurden die Quetschhähne geschlossen. Nach 2 Minuten leuchteten sämtliche Käfer. Nach 10 Minuten wurde der Luftstrom wieder hergestellt. 4 Minuten später war alles Leuchten erloschen. Als der Strom wieder unterbrochen wurde, begannen alle drei Käfer nach 6 Minuten zu leuchten. Ich habe dieses Experiment auch mit den Larven von *Lampyris noctiluca* oft wiederholt und bin stets zu denselben Resultaten gekommen: der Luftstrom, welcher durch das Röhrchen geleitet wird, wirkt hemmend auf den Leuchtprozeß.

Es ist also der Schluß wohl berechtigt, daß nicht die Kohlensäure, der Wasserstoff, also das indifferente Gas selbst es ist, welches das Leuchten zum Schwinden bringt, sondern der Gasstrom. Jetzt läßt sich auch leicht verstehen, weshalb sich die Tiere in den verschiedensten Gasen so wenig verschieden verhalten. Daß DUBOIS durch seine Experimente zu ganz anderen Resultaten kam, ist vielleicht darin begründet, daß er sich nicht chemisch reiner Gase bediente. Wenigstens erwähnt er nichts davon, daß die von ihm angewandten Gase vor ihrer Einwirkung auf das Leuchtorgan gereinigt worden wären. Wenn ich nun bedenke, wieviel Arsen sich z. B. in der Silbernitratlösung während der Wasserstoffentwicklung niederschlägt, so ist es durchaus nicht unwahrscheinlich, daß dieses Gas den Käfern das Leuchtvermögen raubt, falls der Wasserstoff nicht sorgfältig gereinigt wird.

Vielleicht hat DUBOIS die verschiedenen Gase nicht lange genug einwirken lassen, sondern das Experiment unterbrochen, sobald die Tiere in dem betreffenden Gase nicht mehr leuchteten.

Aus meinen Versuchen folgt zwar noch nicht mit Sicherheit, daß

das Leuchten ohne Sauerstoffverbrauch erfolgt. Denn das Verdrängen der atmosphärischen Luft bis auf die kleinsten Sauerstoffreste durch Wasserstoff oder andere indifferente Gase ist mit ganz besonderen Schwierigkeiten verknüpft und setzt Apparate voraus, die mir leider nicht zur Verfügung standen. Auch im Vakuum ist selbst bei der allerstärksten Luftverdünnung immer noch etwas Sauerstoff vorhanden, und es ist durchaus nicht ausgeschlossen, daß der Sauerstoff gerade in solchen Verdünnungen besonders wirksam ist. Gern hätte ich mich daher der von KÜHNE (1898) empfohlenen chemischen Absorbenten des Sauerstoffes bedient, nämlich: Eisenoxydulhydrat, Eisenoxydul, Ferromon- und -bichromat. Leider fielen meine Experimente in das Ende der Flugzeit unserer Lampyriden, so daß die meisten noch lebenden Tiere schon nach kurzer Zeit in der Gefangenschaft starben.

Daß einige Lampyriden im Sauerstoffstrom schwach leuchteten, also auch während der Gasströmung, beweist nichts gegen meine Behauptung. Denn wir dürfen doch wohl annehmen, daß die Käfer in Sauerstoff normaler zu leben vermögen als z. B. in der Kohlensäure. Und die Produktion des Lichtes ist bis zu einem gewissen Grade doch auch von dem Wohlbefinden des Tieres abhängig. Die Wirkung der Kohlensäure ist aber nach KÜHNE (1898) wahrscheinlich eine doppelte, sowohl auf der Sauerstoffentziehung wie auch auf einer den Giften oder vielleicht den Säuren gleichenden beruhend.

Cyanwasserstoffdämpfe. Nach KÖLLIKER (1857) hört das Leuchten unserer Lampyriden gänzlich auf, wenn die Käfer den Dämpfen von Blausäure ausgesetzt worden sind. Und zwar soll es alsdann nie wieder erregt werden können. — Ich habe Weibchen von *Lampyris noctiluca* mit Blausäuredämpfen getötet. Die Käfer leuchteten nicht mehr. Aber 5 Stunden nach dem Tode leuchtete ein Exemplar wieder intensiv, ein anderes bereits 3 Stunden nach dem Tode.

Man hat oft die Frage aufgeworfen, ob das Leuchten der Willkür der Käfer unterworfen ist oder nicht. OWSJANNIKOW (1868) behandelte Leuchtorgane mit starken Lösungen organischer Gifte, mit Curare und salpetersaurem Strychnin, wodurch die Lichtentwicklung selbst nach $1\frac{1}{2}$ Stunden nicht beeinträchtigt wurde. WIELOWIEJSKI (1882) schließt daraus, daß das Leuchten der organischen Substanz als eine sekundäre Erscheinung scharf von den eigentlichen Lebensvorgängen zu trennen sei. Ich habe das Experiment wiederholt und die Leuchtorgane des Weibchens von *Lampyris noctiluca* in eine

Lösung von Curare gebracht, in der sie noch nach 12 Stunden leuchteten. Trotzdem ist WIELOWIEJSKI'S Schluß nicht einwandfrei. Denn wenn — wie WIELOWIEJSKI hervorhebt — das Curare, selbst in sehr kleinen Mengen in das Blut des Frosches übertragen, eine tödliche Wirkung zur Folge hat und besonders auf die Nerven intensiv einwirkt, so ist damit noch lange nicht bewiesen, daß es auf die Nerven der Insekten einen ähnlichen Einfluß ausübt. Wohl beweist aber die Tatsache, daß Organe, die über ein Jahr lang eingetrocknet aufbewahrt wurden, leuchteten, sobald man sie anfeuchtete, daß das Leuchten unserer Lampyriden als eine sekundäre Erscheinung scharf von den Lebensvorgängen zu trennen ist, d. h. sekundär insofern, als sie unabhängig ist von der Erhaltung der übrigen entwickelten Leistungen, deren Gesamtheit wir das Leben des betreffenden Organismus nennen. Etwa in derselben Weise wie die andauernde Eigenschaft des Pepsins oder Trypsins auch unabhängig von dem Leben des Organismus, der diese Enzyme produzierte, fort dauert, obgleich ihre Erzeugung eine der wichtigsten und absolut notwendigen Tätigkeiten des betreffenden Organismus für die Gewährleistung seines Lebens ist. Diese Tatsache berechtigt also zu der Annahme, daß im Leuchtorgan ein Stoff ausgeschieden wird, der leuchtet, wenn ihm der erforderliche Grad von Feuchtigkeit zur Verfügung steht. PANCERI (1872) will diese Substanz als eine klebrige, graue nach Kapronsäure riechende Masse gesammelt haben.

Es wäre nun noch die Frage zu erörtern, ob diese Substanz unmittelbar vor der Lichtproduktion erzeugt oder aber aufgespeichert wird. WIELOWIEJSKI (1882) hält letzteres für ausgeschlossen. »Denn wäre eine solche Aufspeicherung vorhanden, so würde es nicht erklärbar sein, wie es den Tieren möglich ist, durch den Einfluß des Nervensystems das Leuchten zu unterdrücken. Nach meinen Beobachtungen sind die Tiere dazu auch nicht befähigt. Ich habe wenigstens nie beobachtet, daß die Lampyriden das Leuchten plötzlich einstellen können. Und dies — sollte man annehmen — würden sie doch wohl tun, wenn sie verfolgt oder plötzlich aus der Dunkelkammer in die Nähe einer leuchtenden Flamme gebracht werden. Wohl hat es den Anschein, als hätten die Larven von *Lampyris noctiluca* und *Phosphaenus hemipterus* die Fähigkeit, ihr Licht plötzlich zu unterbrechen. Als ich z. B. in einem Hohlweg in der Nähe von Bruchsal, an dessen Böschungen unzählige Larven im Grase leuchteten, kräftig auf die Erde stampfte, erlöschten scheinbar die nächsten Lichter plötzlich. Bei genauerem Zusehen fanden sich die

leuchtenden Käferlarven nun tiefer wie früher, d. h. auf dem Boden; sie sitzen nämlich mit Vorliebe auf den Grashalmen und lassen sich auf die Erde fallen, sobald sie Erschütterungen merken. Ihr Licht ist dann nicht mehr zu sehen, weil die Leuchtorgane an der ventralen Seite der Larve liegen. Auch ist an windigen Abenden leicht zu beobachten, daß die Männchen von *Lampyris splendidula* das Leuchten während des Flugs plötzlich einstellen, um es dann wieder ebenso plötzlich hervortreten zu lassen. Betrachtet man aber statt des Organs das ganze Tier, so sieht man bald, daß diese Erscheinung darauf beruht, daß das Männchen an solchen Abenden sehr unruhig fliegt und dabei das Abdomen nach vorn krümmt, so daß die ventral gelegenen Leuchtorgane sich der Beobachtung entziehen. Daß die Leuchtkäfer das Leuchten nicht plötzlich einstellen können, geht auch schon daraus hervor, daß die Tiere, wie ich oft beobachtet habe, noch 10—20 Tage nach ihrem Tode leuchten, daß also dann noch die Leuchtsubstanz verbraucht wird, die früher gebildet wurde.

Von den vielen Einflüssen, die im stande sind, diese Substanz zum Leuchten zu bringen, ist eine der wirksamsten eine weitgehende Temperaturveränderung. In eine Kältemischung von -21°C ., aus einer Mischung von Chlorkalium und Eis hergestellt, legte ich ein beiderseits zugeschmolzenes Glasröhrchen mit fünf Weibchen von *Lampyris noctiluca*. Sie leuchteten nicht. Nach 20 Minuten wurde das Röhrchen aus der Kältemischung in die hohle Hand genommen. Nach 12 Sekunden leuchteten die Tiere plötzlich intensiv. Das Licht nahm mit dem allmählichen Erwärmen bis 30°C . zu. Bei 50°C . erlosch es.

Abermals legte ich Weibchen derselben Species in die erwähnte Kältemischung. Nach 20 Minuten zerbrach ich das Röhrchen und legte die Tiere auf die flache Hand. Sofort leuchteten sie, obschon sie ganz starr waren und vorher beim Schütteln des Röhrchens klapperten.

Im Vakuum getrocknete Eier, die über ein Jahr lang in dem evakuierten Röhrchen aufbewahrt und durch Benetzen mit Wasser nicht zum Leuchten zu bringen waren (p. 31), legte ich im Glasröhrchen in die vorhin erwähnte Kältemischung. Als ich nach 10 Minuten das Röhrchen in die hohle Hand nahm, leuchteten auch diese Eier intensiv.

Das Leuchten der Lampyrideneier wurde von TIEDEMANN (1830), NEWPORT (1857) und WIELOWIEJSKI (1882) geleugnet. Wohl entdeckte NEWPORT, daß die Eier im Ovarium des Weibchens von *Lampyris noctiluca* schwach leuchten. Doch glaubte er, dies rühre von den

ventral davon gelegenen Leuchtorganen her. Nach WIELOWIEJSKI (1882) kommt das Leuchten der Eier daher, daß bei der Präparation die äußerst weichen und zarten Leuchtorgane zerrissen oder zerdrückt werden und die Flüssigkeit derselben, welche auch die Leuchtsubstanz enthält, die Eier benetzt. Wenn man freilich die Präparation von der dorsalen Seite beginnt, gelangt man nie zu einem ganz sicheren Resultat. Es ist jedoch sehr einfach, die ventral gelegenen Organe von der ventralen Seite her herauszunehmen, ohne sie zu verletzen. Und dann kann man ohne Mühe die Ovarien von der dorsalen Seite frei legen. Dabei fand ich stets, daß Eier, die mit der Leuchtsubstanz nicht in Berührung gekommen sein konnten, leuchteten. Auch die vom Käfer abgelegten Eier, welche leuchten, sollen nach WIELOWIEJSKI (1882) mit der leuchtenden Substanz der Leuchtorgane während ihrer Ablage in Berührung gekommen sein. Ich habe jedoch die abgelegten Eier sehr sorgfältig mit physiologischer Kochsalzlösung abgewaschen. Trotzdem leuchteten sie nach 12 Tagen noch.

Legt man leuchtende Eier auf Filtrierpapier und drückt sie an oder rollt sie darüber hinweg, so ist an diesem Papier — wenn man es in der Dunkelkammer prüft — keine Spur von Lichtschimmer zu entdecken, während das Papier, auf dem Leuchtorgane lagen, im Dunkeln intensiv leuchtet, ebenso die Hand, auf die man Leuchtorgane legt. Nach DUBOIS (1887) leuchten auch die Larven, sobald sie ausschlüpfen, während die verlassenen Eihüllen niemals Licht ausstrahlen. Nach diesem Forscher leuchten sowohl die befruchteten als auch die unbefruchteten Eier.

Oft ist auch die Frage aufgeworfen worden, welchen Vorteil die Leuchtorgane ihren Trägern im Kampf ums Dasein gewähren. Nach TIEDEMANN (1830) sind sie ein sekundäres Geschlechtsmerkmal; nach WIELOWIEJSKI und EMERY (1884) dagegen dienen sie als Abschreckungsmittel gegen Feinde. Derselben Ansicht ist auch DE KERVILLE (1893). Andererseits dienen die Leuchtorgane nach ihm auch zum Anlocken der Beute. So bedienen sich z. B. die Fischer leuchtender Tiere, um mit ihnen Fische in die Netze zu locken, und zwar mit solchem Erfolg, daß dies Mittel seiner bedeutenden Wirksamkeit wegen verboten ist. Unter Berücksichtigung dieser Tatsache klingt es zum mindesten merkwürdig, daß sich die südamerikanischen Indianer der *Cucujos* bedienen sollen, um ihre Hütten von dem nächtlichen Besuch der Moskitos zu befreien, zumal die Insekten unter anderen Umständen dem Lichte stets zustreben. Auch das

klingt zum mindesten sonderbar, daß nach MICHELET Fußgänger in Südamerika an ihrer Fußbekleidung mit Erfolg Leuchtkäfer befestigen, um damit die Schlangen zu verscheuchen. Merkwürdige Motive hat man auch der Handlung des *Tisserin baya* untergeschoben. Dieser Vogel legt nämlich an den Eingang seines Nestes Lehmklümpchen, in welche er Leuchtkäfer steckt. Dieselben haben nach DUBOIS (1886) den Zweck, die Schlange von der jungen Brut abzuhalten. Nach EMERY (1884) haben die Leuchtorgane der *Luciolen* einen kohllartigen Geruch, der möglicherweise genügen soll, um sie für Fledermäuse und andere Nachttiere ungenießbar zu machen. Unsere Lampyriden zeigen denselben Geruch, wenn viele Käfer längere Zeit in einem kleinen Glase leben. Daß derselbe aber nicht genügt, um Feinde fern zu halten, beweisen unsere Spinnen, die an altem Gemäuer mit Vorliebe ihre Netze vor solche Mauerritzen spannen, in denen sich tagsüber die Lampyriden aufhalten. So findet man z. B. an warmen Sommerabenden an den Mauern des Heidelberger Schlosses unzählige leuchtende Lampyriden, die von der Mauerseite aus in das Netz gelangt und ihrer Säfte beraubt worden sind. Man braucht nur einen Leuchtkäfer in das Netz einer Spinne zu legen, um sich zu überzeugen, wie wenig er verschmäht wird. Für ein Schreckmittel gegen die Feinde halte ich demnach die Leuchtorgane nicht, wohl aber für sekundäre Geschlechtscharaktere. Wenn man nämlich Weibchen von *Lampyris noctiluca* abends in einem Fläschchen trägt, so fliegen die Männchen dieser Art, die man sonst wegen ihrer geringen Leuchtkraft nur selten findet, von außen gegen die Flasche, worauf das Leuchten des Weibchens intensiver wird. Bringt man nun Männchen zu den Weibchen in die Flasche, so strahlen letztere ein so intensives Licht aus, wie man es unter anderen Umständen nicht beobachtet. Das von den Käfern entwickelte Licht ist besonders hell während und kurze Zeit nach der Begattung. Nach EMERYS Beobachtungen leuchtet das Weibchen von *Luciola italica* nicht mehr, sobald sich das Männchen auf die Flasche gesetzt hat, in dem sich das Weibchen befindet. Sobald es aber das Licht eines entfernten Männchens gewahrt, leuchtet es wieder sehr intensiv.

Man findet die Weibchen unserer beiden *Lampyris*-Arten fast nur an Abhängen, besonders häufig an solchen in der Nähe des Waldesrandes; so z. B. an dem etwa 2 m hohen Abhange der Philosophenhöhe zu Heidelberg. Sobald aber die Flugzeit der Männchen zu Ende ist, kriechen die Weibchen in den Wald hinein, und zwar täglich um etwa 3 bis 4 m weiter hinein. Nach der Flugzeit der Männchen

habe ich kein Weibchen mehr am Abhang gefunden, dagegen sehr viele im Walde. Es ist sehr charakteristisch, daß man jetzt die Weibchen von *Lampyris noctiluca* stets in natürlicher Lage, die dorsale Seite nach oben, antrifft, weshalb sie viel schwieriger zu finden sind, wogegen sie während der Flugzeit der Männchen ausschließlich auf dem Rücken liegen, das Abdomen emporstreckend. Das Weibchen von *Lampyris splendidula* dagegen, dessen laterale Organe am intensivsten leuchten, fand ich nie auf dem Rücken liegend.

Elberfeld, im Oktober 1902.

Litteraturverzeichnis.

1890. S. R. CAJAL, Coloration par la méthode de GOLGI des terminaisons des trachées et des nerfs dans les muscles des ailes insectes. Zeitschr. f. wissenschaft. Mikrosk.
1875. CHUN, Über den Bau, die Entwicklung und physiol. Bedeutung der Rektaldrüsen bei Insekten. Aus den Abhandl. der SENCKENB. naturforsch. Gesellsch. in Frankfurt a. M. Bd. X.
1886. R. DUBOIS, Contribution à l'étude de la production de la lumière par les êtres. Les élaterides lumineux. Bull. Soc. Z. France. 11. Année.
1887. R. DUBOIS, De la fonction photogénique dans les oeufs du lampyre. Bull. de la société zool. de France.
1896. R. DUBOIS, Physiological Light. From the Smithsonian Report for 1896.
1898. R. DUBOIS, Leçons de Physiologie générale et comparée. Paris.
1888. R. DITTRICH, Über das Leuchten der Tiere. Gymnasialprogr. Breslau.
1872. TH. EIMER, Bemerkungen über die Leuchtorgane der *Lampyris splendidula*. Arch. f. mikr. Anat. Bd. VIII.
1884. C. EMERY, Untersuchungen über *Luciola italica*. Diese Zeitschr. Bd. XL.
1893. W. GIESBRECHT, Mitteilungen über Copepoden. Mitteil. aus d. Zool. Stat. zu Neapel.
1889. E. HAASE, Über das Leuchten der Myriapoden. Tagebl. 61. Vers. D. Naturf. u. Ärzte Cöln.
1872. C. HEINEMANN, Leuchtorgane der bei Vera Cruz vorkommenden Leuchtkäfer. Arch. f. mikr. Anat. Bd. VIII.
1896. C. HEINEMANN, Zur Anatomie und Physiologie der Leuchtorgane mexikanischer Cucujos. Arch. f. mikr. Anat. Bd. XXVII.
1895. HOLMGREM, Die trachealen Endverzweigungen bei den Spindrüsen der Lepidopterenlarven. Anat. Anz. Bd. XI. 1895.
1896. HOLMGREM, Über das resp. Epithel der Tracheen bei Raupen. Upsala.
1893. H. G. DE KERVILLE, Die leuchtenden Tiere und Pflanzen. Aus dem Französ. übers. von W. MARSHALL. Leipzig.
1857. A. KÖLLIKER, Zur feineren Anatomie der Insekten. Verh. Phys. med. Ges. Würzburg 1857.
1858. A. KÖLLIKER, Über die Leuchtorgane von *Lampyris*. Ebenda. Bd. VIII.

1864. A. KÖLLIKER, Über den Bau der Leuchtorgane der Männchen d. *Lampyris splendidula*. Sitzungsber. d. niederrhein. Gesellschaft für Natur- und Heilkunde.
1887. C. FR. W. KRUKENBERG, Neue Tatsachen für eine vergleichende Physiologie der Phosphoreszenzerscheinungen bei Tieren und bei Pflanzen. *Vergl. phys. Studien*. 2. R., 4. Abt.
1855. FR. LEYDIG, Zum feineren Bau der Arthropoden. *Archiv für Anat. und Physiol.*
1859. FR. LEYDIG, Zur Anatomie der Insekten. Ebenda. 1859.
1890. FR. LEYDIG, Über Tracheenendigungen in den Serikterien der Raupen. Diese *Zeitschr.* Bd. XLIX.
1851. FR. LEYDIG, Anatomisches und Histologisches über die Larve von *Corethra plumicornis*. Ebenda. Bd. III.
1857. FR. LEYDIG, Lehrbuch der vergleichenden Histologie.
1874. FR. LUDWIG, Über die Phosphoreszenz der Pilze und des Holzes. Göttingen 1874.
1898. W. KÜHNE, Über die Bedeutung des Sauerstoffs für die vitale Bewegung. 2. Mitteilung. *Zeitschr. f. Biologie*. Bd. XXXVI. Neue Folge XVIII.
1822. MACAIRE, Über die Phosphoreszenz der Leuchtkäfer. *GILBERTS Annalen d. Physik*. 1822.
1863. E. MILNE EDWARDS, Leçons sur la physiologie et l'anatomie comparée.
1897. H. MURAOKA, Das Johanniskäfer-Licht. (Rein physikalisch.) *Journal Coll. Sc. Japan*. Vol. IX.
1857. NEWPORT, On the natural history of glow-worm. *Proc. of Linnean Soc.*
1864. PH. OWSJANNIKOW, Über das Leuchten der Larven der *Lampyris noctiluca*. *Bull. de l'académie d. sciences de St. Pétersbourg*. Bd. VIII.
1868. PH. OWSJANNIKOW, Zur Kenntnis der Leuchtorgane der *Lampyris noctiluca*. *Mém. de l'acad. de St. Pétersbourg*. 8. Sér. Vol. XI.
1872. P. PANCERI, Études sur la phosphorescence des animaux marins. *Ann. des scienc. nat. Zoologie*. 5^{me} sér. Tome XVI. Paris 1872.
1875. E. PFLÜGER, Beiträge zur Lehre von der Respiration. *Archiv Physiol. PFLÜGER*. Bd. X.
1875. E. PFLÜGER, Über die Phosphoreszenz verwesender Organismen. Ebenda. Bd. XI.
1899. A. PETRUNKEWITSCH, Die Verdauungsorgane von *Periplaneta orientalis* und *Blatta germanica*. *Zool. Jahrb.* Bd. XIII.
1877. RADZISZEWSKI, Über das Leuchten des *Lophius*. *Ber. d. deutsch. chem. Gesellsch.* 1877.
1880. RADZISZEWSKI, Über die Phosphoreszenz der organischen und organisierten Körper. *JUSTUS LIEBIG'S Annalen der Chemie*. 1880.
- 1865.1. MAX SCHULTZE, Zur Kenntnis der Leuchtorgane d. *Lampyris splendidula*. *Archiv f. mikr. Anat.* Bd. I.
- 1865.2. MAX SCHULTZE, Einwirkung der Überosmiumsäure auf tierische Gewebe. Ebenda. Bd. I.
1870. TARGIONI-TOZETTI, Sull'organo che la lume nelle luciole volanti d'Italia. *Bull. della Soc. Entom. Ital.* Vol. II.
1830. TIEDEMANN, Physiologie der Menschen. Bd. I.
1894. C. VERHOEFF, Vergleichende Morphologie des Abdomens der männlichen und weiblichen *Lampyriden*, *Canthar. etc.* *Archiv f. Naturgesch.* Bd. I.

1895. C. VERHOEFF, Zur Biologie von *Phosphaenus hemipt.* u. Verw. Verh. Nat. Ver. Bonn. 51. Jahrg.
1882. H. v. WIELOWIEJSKI, Studien über die Lampyriden. Diese Zeitschr. Bd. XXXVII.
1889. H. v. WIELOWIEJSKI, Beiträge zur Kenntnis der Leuchtorgane der Insekten. Zool. Anz. 12. Jahrg.
1890. WISTINGHAUSEN. Über Tracheenendigungen in den Serikterien der Raupen. Diese Zeitschr. Bd. XLIX.

Erklärung der Abbildungen.

Erklärung der Abkürzungen:

- As*, Anastomosenbildung der Fortsätze der Tracheenendzellen;
d, undurchsichtige Schicht der Leuchtorgane;
f, Fortsatz der Tracheenendzelle;
f', feinste Fortsätze derselben;
H, durchsichtige Schicht der Leuchtorgane;
K, Kern;
Kn, Körnchen der Tracheenendzellen u. der diesen anliegenden Zellen;
Kp, feinste Tracheenröhrchen (Kapillaren);
N, Nerv;
Tr, Tracheenstämmchen;
Tre, Tracheenendzelle;
Zg, Grenzen der Leuchtzellen.

Tafel I.

Fig. 1. Querschnitt durch ein Leuchtorgan des Männchens von *Lampyris splendida*. Die Figur gibt eine Übersicht über die Verteilung der Tracheenkapillaren in der durchsichtigen *H* und undurchsichtigen Schicht *d*. *Tr*, Tracheenstämmchen; *Kp*, feinste Tracheenröhrchen (Kapillaren); *qu*, Querschnitt durch Tracheenkapillaren. Konserviert mit Sublimatessigsäure, gefärbt mit Boraxkarmin, Osmiumsäure, Holzzessig. Vergr. 270.

Fig. 2. Teil eines Querschnittes durch das Leuchtorgan des Segmentes des Weibchens von *Lampyris noctiluca*, um die konzentrische Anordnung der Zellen zu zeigen. Durchsichtige Schicht. Konserviert mit Alkohol, gefärbt mit Hämatoxilin, Eosin. Vergr. 180.

Fig. 3. Teil eines Horizontalschnittes des Männchens von *Lampyris splendida*, um die Anordnung der Tracheenendzellen *Tre*, sowie deren feinere *f* und feinsten Fortsätze *f'* zu zeigen. *As*, Anastomosenbildung der protoplasmatischen Fortsätze. *Tr*, Tracheenstamm mit den Tracheenkapillaren *Kp*, die in der Tracheenendzelle verlaufen und in ihrem weiteren Verlauf von den protoplasmatischen Fortsätzen umhüllt sind. *Kn* sind feine Körnchen, die sich auf den Grenzen der Tracheenendzellen besonders reichlich abgelagert haben. *Zg* sind die von Osmium nur schwach gefärbten Zellgrenzen. Die Kerne der Tracheenendzellen sind infolge zu intensiver Schwärzung dieser Zellen nicht zu sehen. Osmiumsäure-Boraxkarmin. Vergr. 940.

Fig. 4. Teil eines Querschnittes aus dem Leuchtorgan des achten Segments des Weibchens von *Lampyrus noctiluca*, um die der Medianebene zugewandten »Übergangszellen« (p. 18) mit sehr großen Kernen *K* zu zeigen. *d*. undurchsichtige Schicht. Konserviert mit Sublimatessigsäure. Vergr. 940.

Fig. 5. Teil eines Horizontalschnitts aus der undurchsichtigen Schicht des Leuchtorgans des Männchens von *Lampyrus splendidula*, um die Tracheenendzelle *Tr* mit ihren Fortsätzen *f* und dem Kern *K*, sowie den Niederschlag zu zeigen, der sich durch die Einwirkung von Osmiumsäure, Goldchlorid und Ameisensäure auf der Chitinspirale des Tracheenstämmchens und auf den Tracheenkapillaren in Form feinsten Körnchen gebildet hat. *Tr*, Tracheenstämmchen; *Kp*, Kapillaren. Osmiumsäure, Goldchlorid, Ameisensäure, Boraxkarmin. Vergr. 940.

Fig. 6. Teil eines Querschnitts aus der dunkeln Schicht des Leuchtorgans des siebenten Segments des Weibchens von *Lampyrus noctiluca*, um die reich-gelappten, großen Kerne *K* und die zahlreichen auf den Zellgrenzen sich findenden Querschnitte der Tracheenkapillaren *Kp* zu zeigen. Osmiumsäure, Holzessig, Boraxkarmin. Vergr. 940.

Fig. 7. Querschnitt durch das Abdomen der Larve von *Lampyrus noctiluca*, um die Anordnung der Leuchtorgane *L*, sowie ihre Lagebeziehungen zu den Fettkörpern *Fk*, sowie den Muskeln *M* und zur Epidermis *Epd* zu zeigen. *D*, Darm; *B*, Bauchmark; *Th*, Tasthaare; *Tr*, Tracheenstämmchen. Konserviert mit Alkohol, gefärbt mit Hämatoxylin, Eosin. Vergr. 20.

Fig. 8. Stück eines Horizontalschnitts aus dem Leuchtorgan des Weibchens von *Lampyrus noctiluca*, um den Verlauf der mit Osmiumsäure-Holzessig geschwärzten Tracheenkapillaren *Kp* und deren Beziehung zur Tracheenendzelle *Tr* zu demonstrieren. *Zg* die blaß gefärbten Zellgrenzen. Vergr. 940.

Tafel II.

Fig. 1. Teil eines Horizontalschnitts durch ein Leuchtorgan des Männchens von *Lampyrus splendidula*, um die Anastomosenbildung *As'* der feinsten Fortsätze *f'* der Tracheenendzellen *Tr*, sowie den Verlauf der Tracheenkapillaren *Kp* in den Tracheenendzellen zu zeigen. *Tr*, Tracheenstämmchen, das sich gabelt und seine Äste zu zwei Tracheenendzellen sendet. *Kn*, Körnchen an den Grenzen der Tracheenendzellen. Auch die feinsten Fortsätze der Tracheenendzellen *f'* gabeln sich. Osmiumsäure, Boraxkarmin. Vergr. 940. Tracheenkapillaren sind nicht gefärbt.

Fig. 2. Teil eines Horizontalschnittes durch ein Leuchtorgan des Männchens von *Lampyrus splendidula*, um den Verlauf der unverzweigten, durch Osmiumsäure-Holzessig geschwärzten Tracheenkapillaren in der Tracheenendzelle *Tr*, deren Struktur bei dieser Behandlung zu erkennen ist, zu zeigen. *Tr*, Tracheenstämmchen, das in der Tracheenendzelle vier Tracheenkapillaren *Kp* ausstrahlt. Die Fortsätze der Tracheenendzelle sind nicht gefärbt. Osmiumsäure-Holzessig, Boraxkarmin. Vergr. 940.

Fig. 3. Teil eines Horizontalschnittes des Leuchtorgans des Männchens von *Lampyrus splendidula*, um die Verbindung der Tracheenendzellen mit den Nerven zu zeigen, sowie die ungleichmäßige Wirkung der Überosmiumsäure auf die Tracheenendzellen. Die Nerven *N* treten von je einer Seite an die Tracheenendzelle *Tr* heran. Undurchsichtige Schicht. Die Nerven *N* sind mit vielen langgestreckten Kernen versehen. Osmiumsäure 1:250 6 Tage. Kernfärbung mit Boraxkarmin. Vergr. 940.

Fig. 4. Stück eines Tracheenstämmchens des Weibchens von *Lampyrus noctiluca* mit Chitinhaaren auf der Innenfläche. Vergr. 420.

Fig. 5. Teil eines Horizontalschnitts aus der undurchsichtigen Schicht des Leuchtorgans des Männchens von *Lampyrus splendidula*, um die Endigungsweise des Nerven *N* zu zeigen, die in einer Anschwellung besteht, welche Fortsätze *F* aufweist. *V* ist eine Verzweigungsstelle des Nerven, an der sich viele langgestreckte Kerne befinden. Bis zur Anschwellung verjüngt sich der Nerv. *Tr*, Tracheenzelle, *f*, Fortsätze, *f'*, feinste Fortsätze derselben. Osmiumsäure 1:250. Kernfärbung mit Boraxkarmin. Vergr. 940.

Fig. 6. Teil eines Tracheenstämmchens aus einem Leuchtorgan des Weibchens von *Lampyrus noctiluca*, um den Verlauf der protoplasmatischen Fortsätze *f* zu zeigen, welche durch Reduktion der Osmiumsäure geschwärzt sind. Die Tracheenkapillaren blieben dabei ungeschwärzt. Das Tracheenstämmchen zeigt vor seinem Ende eine Verjüngung, *V*. Die Zellgrenzen, *Zg*, wurden nur blaß gefärbt. Einem Mazerationspräparat entnommen. Kernfärbung mit Boraxkarmin. Vergr. 940.

Tafel III.

Fig. 1. Leuchtorgan der Larve von *Phosphaenus hemipterus*, welches die Verteilung der noch mit Luft gefüllten Tracheen veranschaulichen soll. Der Tracheenstamm *Tr* teilt sich, nachdem er in das Organ eingetreten ist, in drei Teile, die dann wieder feinere Tracheen nach allen Richtungen aussenden. Untersucht in Glycerin — Wasser.

Fig. 2. Teil eines Horizontalschnitts aus der undurchsichtigen Schicht eines Leuchtorgans des Männchens von *Lampyrus splendidula*, um den Verlauf des Tracheenstämmchens *Tr* mit den Kapillaren *Kp* — die durch Osmiumsäure-Holzessig intensiv geschwärzt worden sind — in den Tracheenendzellen *Tr* zu veranschaulichen. Die Fortsätze der Tracheenendzelle wurden nicht geschwärzt, da das Leuchtorgan in konserviertem Zustande der Osmiumsäure ausgesetzt wurde. *Qu*, Querschnitt durch die geschwärzten Kapillaren. Vergr. 940. Kernfärbung mit Boraxkarmin.

Fig. 3. Teil eines Horizontalschnitts aus der undurchsichtigen Schicht eines Leuchtorgans des Weibchens von *Lampyrus noctiluca*, um den Verlauf der durch Osmiumsäure-Holzessig tiefgeschwärzten Tracheenstämmchen und Tracheenkapillaren, die sich reichlich verzweigen und meist auf den Zellgrenzen verlaufen, zu veranschaulichen. Die protoplasmatischen Fortsätze der Tracheenendzellen sind gar nicht, die Zellgrenzen nur wenig geschwärzt. *Tr* ist die Tracheenendzelle mit dem ihr charakteristischen ovalen Kern. An sie heran tritt der Nerv *N* mit der Fibrille *F*. Kernfärbung mit Boraxkarmin. Vergr. 940.

Fig. 4. Teil eines Tracheenstämmchens *Tr* mit den protoplasmatischen Fortsätzen *f* aus der undurchsichtigen Schicht eines Leuchtorgans des Weibchens von *Lampyrus noctiluca*. Tracheenstämmchen und die protoplasmatischen Fortsätze sind durch Reduktion der Osmiumsäure geschwärzt, die Tracheenkapillaren nicht, da das Organ nicht der Einwirkung des Holzessigs ausgesetzt wurde. Mazerationspräparat. Osmiumsäure, Boraxkarmin. Vergr. 940.



Fig. 5.

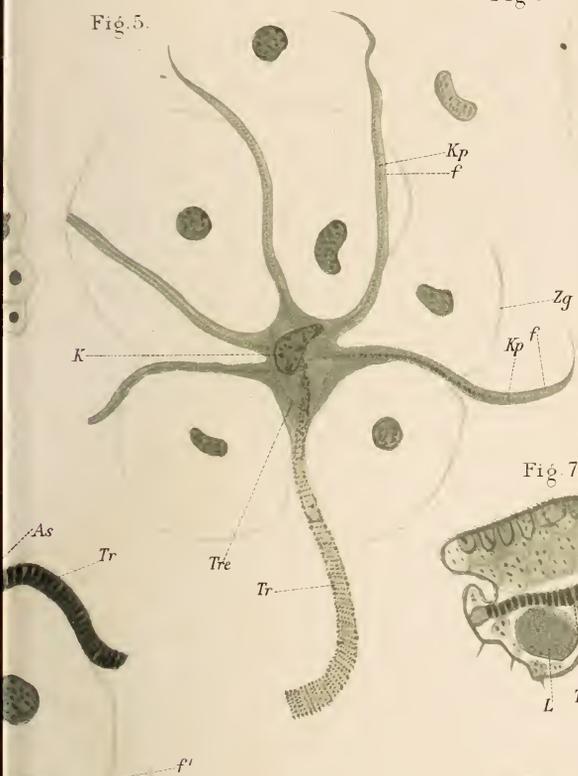


Fig. 6.

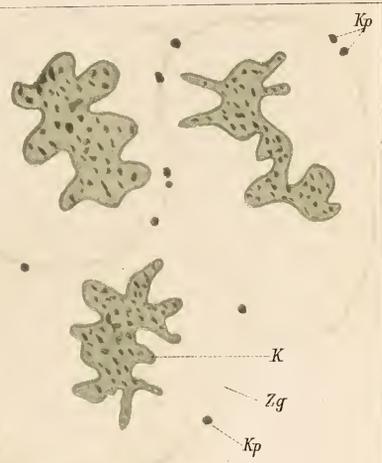


Fig. 7.

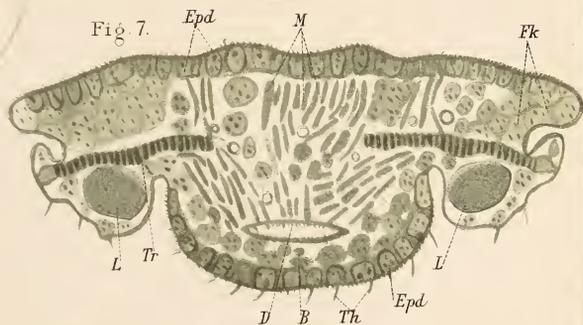
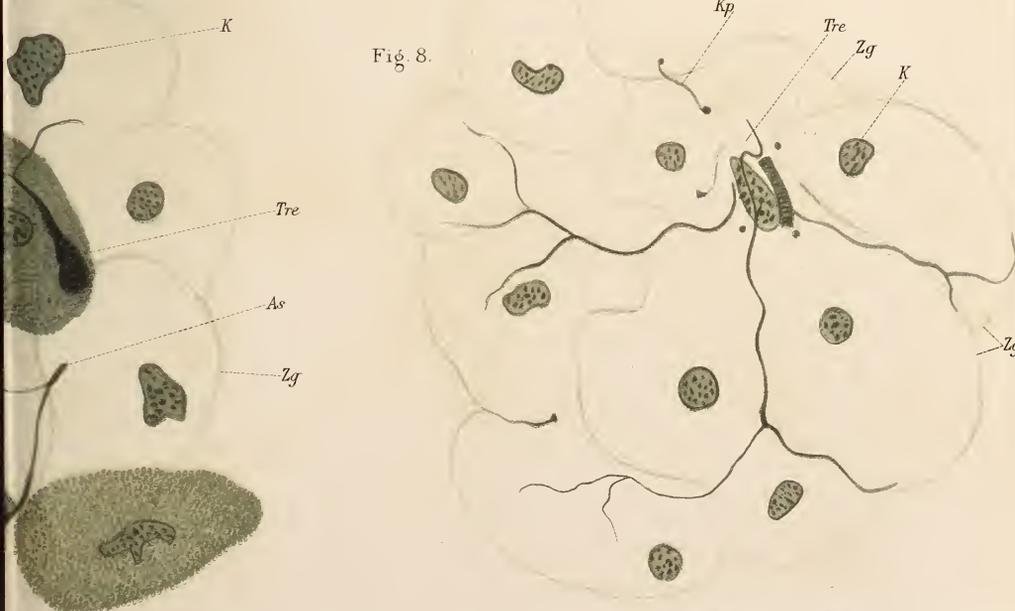


Fig. 8.



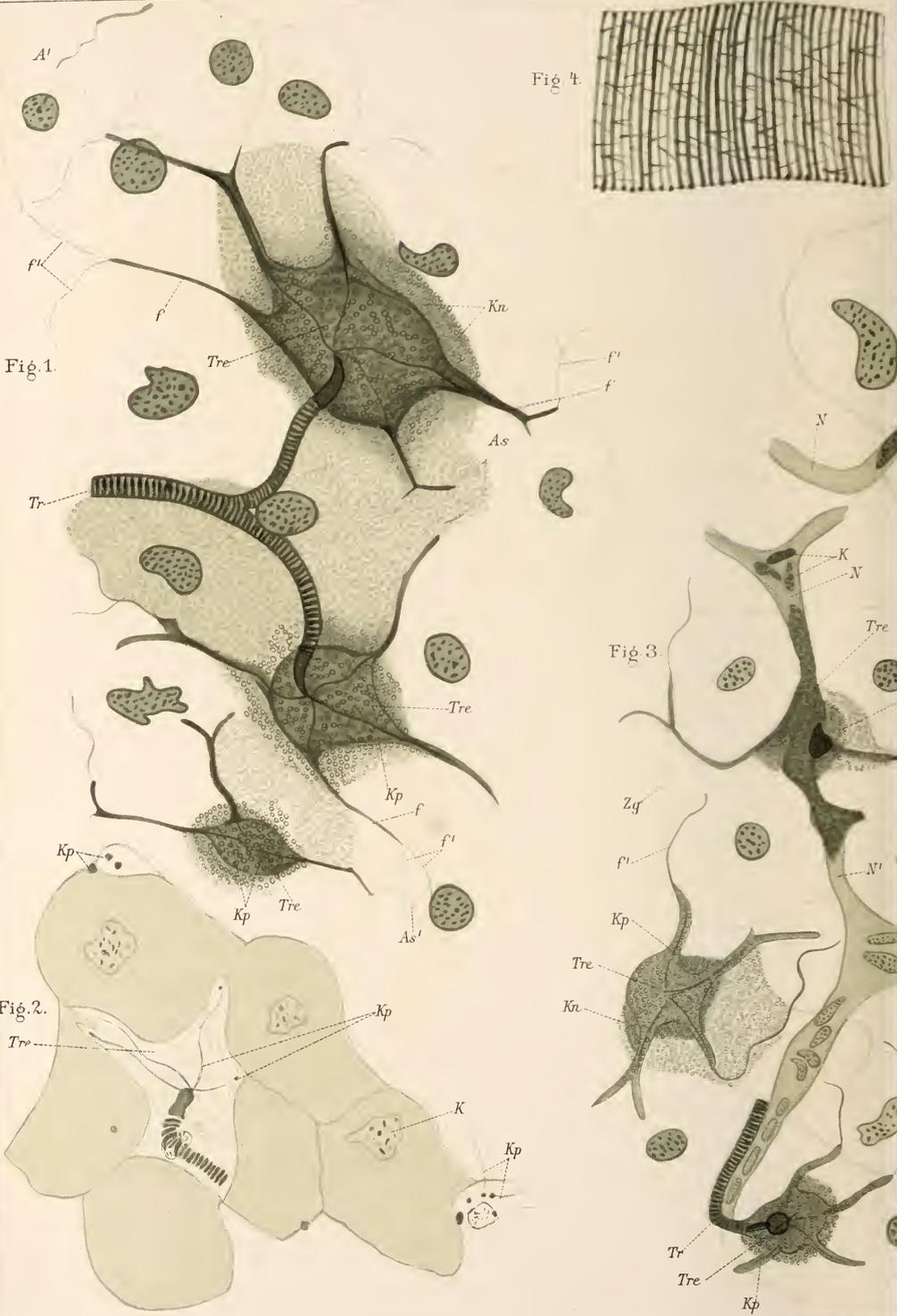


Fig. 5.

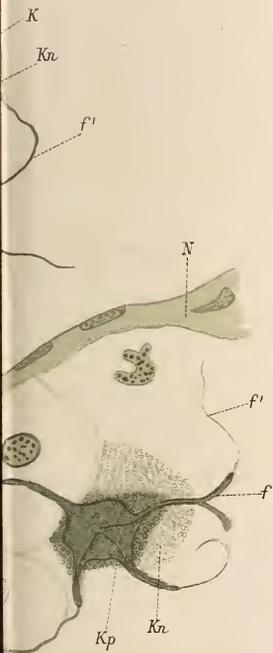
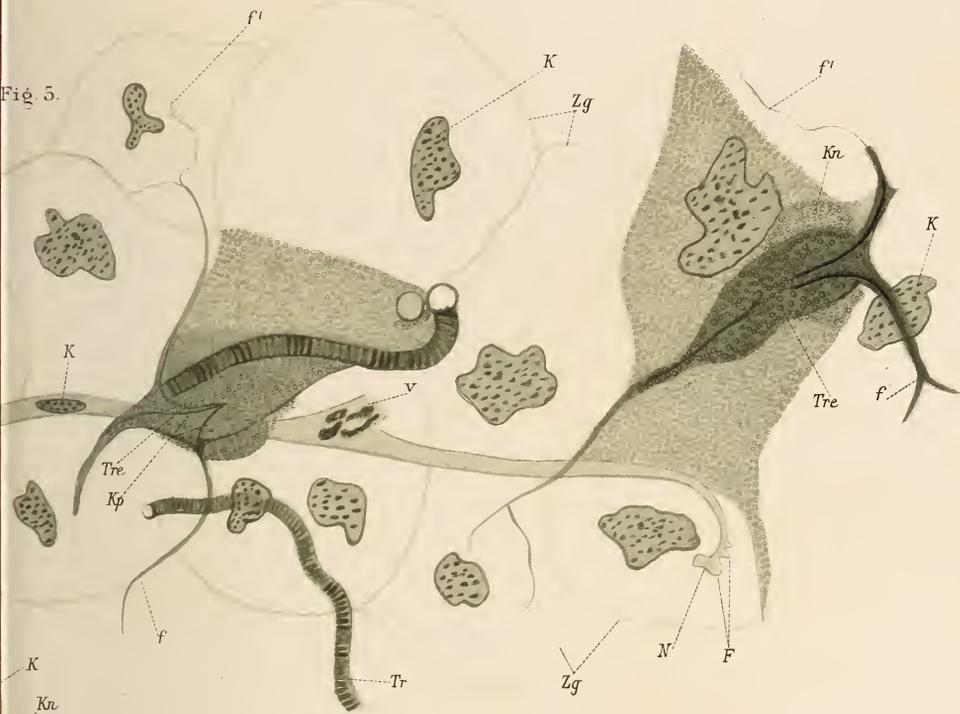
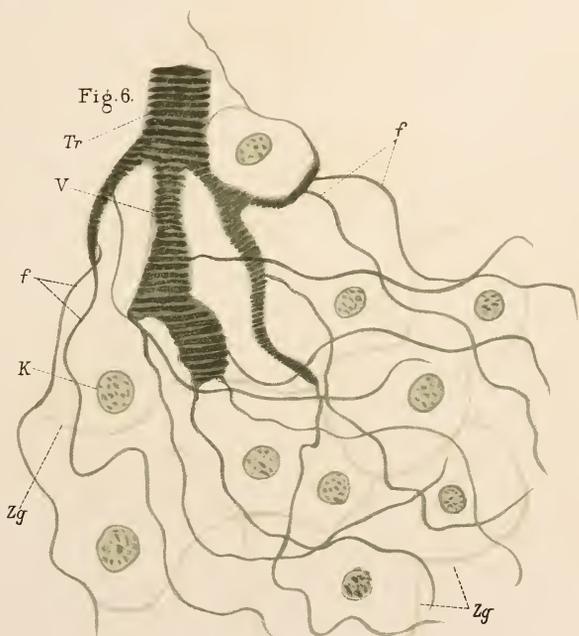
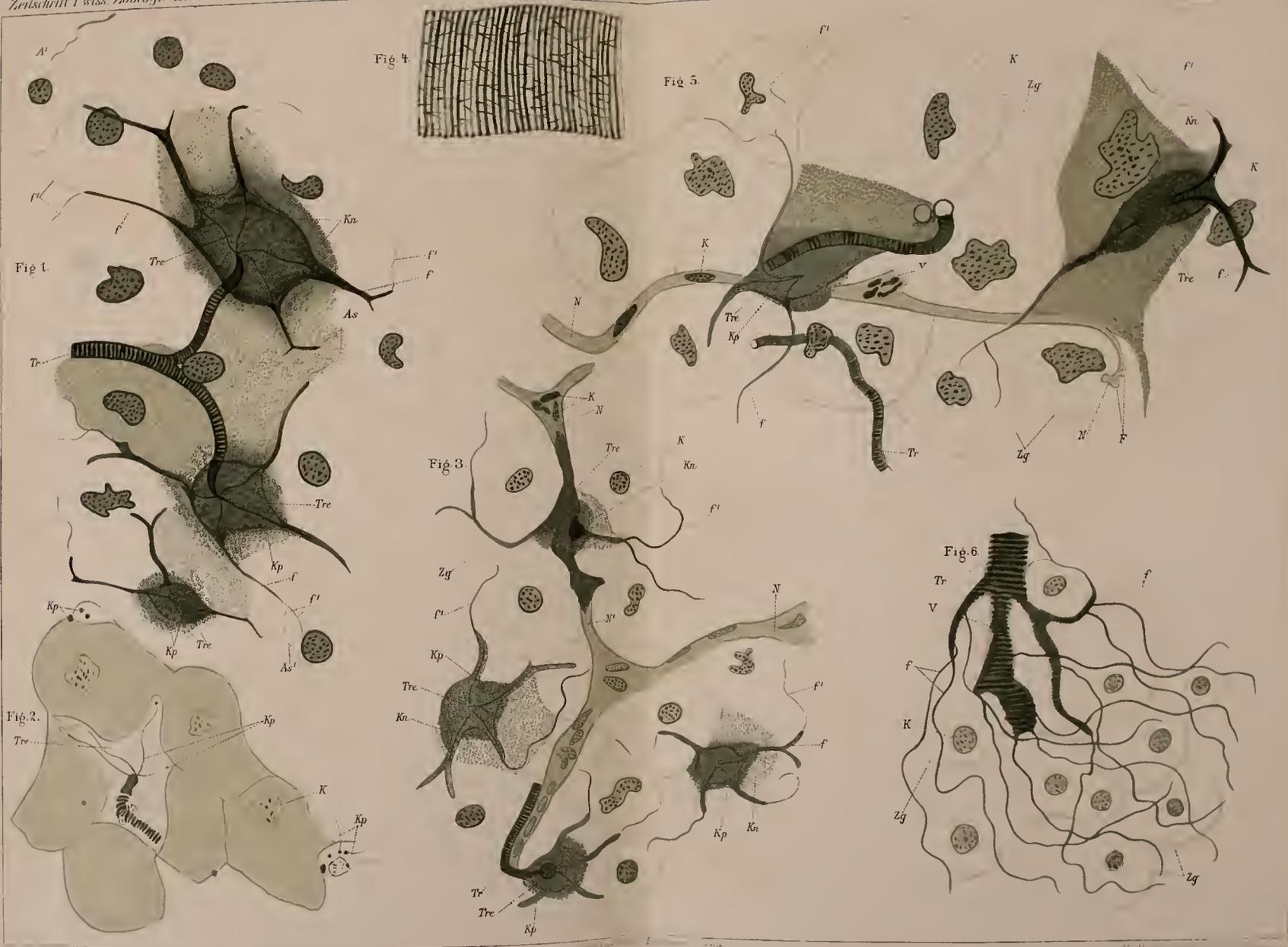


Fig. 6.





ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie](#)

Jahr/Year: 1903

Band/Volume: [75](#)

Autor(en)/Author(s): Bongardt Johannes

Artikel/Article: [Beiträge zur Kenntnis der Leuchtorgane einheimischer Lampyriden 1-45](#)