

Die Lebenserscheinungen der Käfer.

Von Geh. Sanitätsrat Dr. L. Weber.

Kapitel IV.

Kreislauforgane. Temperatur. Fettkörper. Leuchtorgane.

Da das Blut der Käfer wie der Insekten im allgemeinen keine respiratorische Funktion hat, also nicht dazu dient, den eingeatmeten Sauerstoff den Geweben zuzuführen, wie wir im vorigen Kapitel gehört haben, sondern lediglich die Aufgabe erfüllt, die gelösten, vom Darm resorbierten Nährstoffe im Körper zu verbreiten und durch den Säftestrom den exkretorischen Zellen, also in erster Linie den Malpighischen Gefäßen die unbrauchbaren Stoffwechselprodukte zuzuführen, so finden wir dementsprechend das Gefäßsystem in einem sehr einfachen Zustande. Besondere periphere Blutgefäße existieren nicht, sondern nur lakunäre Bahnen¹⁾, in welche die Blutflüssigkeit von einem Zentralorgan, dem Herzen (Rückengefäß), eingepumpt und in welches dieselbe wieder eingezogen wird. Ein Unterschied zwischen arteriellem und venösem Blute besteht nicht.

Das Blut selbst ist eine farblose oder schwach gelbliche bis orange-farbene, mitunter grünliche Flüssigkeit, eine sogenannte Hämolymphe, in welcher sich Formelemente, Hämatozyten, die den weißen Blutkörperchen höherer Tiere entsprechen, befinden. Die Farbe ist nicht, wie bei den Erythrozyten höherer Tiere, an die Blutkörperchen gebunden. Menge und Größe der letzteren unterliegen großen Schwankungen. Zählungen derselben sind, soweit mir bekannt, bisher noch nicht vorgenommen. Der größte Durchmesser der Hämatozyten (= Amebociti von Berlese) beträgt z. B. bei *Carabus cancellatus* 8 μ , *Zabrus* 12—22 μ (nach Graber 8—10 μ), *Lina populi* 6 μ , *Meloë* 7,6 μ (eigene Messung, Zeiß $\frac{1}{12}$ Ölimmersion, Ok. 2, Tubusl. 160), *Cetonia aurata* 8—10 μ , *Melolontha* 27—30 μ . — Hollande²⁾ hat drei Gruppen von Hämatozyten bei Käfern unterschieden:

1. Voluminöse Leukozyten, bis über 24 μ groß, welche den später zu erwähnenden Oenozyten gleichen, mit exzentrischem Kern und sphärischem oder ovoidem Körper, ohne amöboide Bewegung, sogenannte Lymphozyten.
2. Zellen von geringerer Größe, 6—16 μ , von spindelförmiger Gestalt und mit chromatinreichem Kern. Sie bilden Haufen, mitunter Syncytien, und sind außerhalb der mitotischen Teilungsphase zu phagozytärer Tätigkeit fähig, sogenannte Leukozyten.

¹⁾ Ein Verfahren, um die Blutbahnen der Coleopteren auszuspritzen, ist von Moseley, Ber. d. Königl. Sächs. Gesellsch. d. Wissensch. Math.-Phys. Kl., 1872, p. 276—278 angegeben.

²⁾ Hollande, Contribution à l'étude du sang des Coléoptères, Arch. Zool. expériment., T. 2, 1909. Refer. nach Deegener in Schröders Handb. d. Entomologie.

3. Sphärische oder oblonge Zellen von 5—32 μ Größe, je nach der Species wechselnd, deren Plasma kleine intensiv gelb gefärbte Einschlüsse enthält, Cellules a sphérules (Kügelchenzellen nach Deegener). Diese Einschlüsse bleiben zunächst in der Zelle in einem gewissen Ruhezustande und gelangen dann, bei Coccinelliden, Canthariden und Chrysomeliden, in die Hämolymphe. Das Blut der Larve enthält mehr solche Kügelchenzellen, das des Imago mehr freie Kügelchen. Bei manchen Coccinelliden, auch bei Chrysomeliden (*Lochmaea capreae* Forst. und *Galeruca monticola* Kiesw.) wird der Unterschied bemerkt. Die reifen Einschlüsse bestehen aus einem albuminoiden Substrat, welches eine Fettverbindung einschließt, die durch ein Lipochrom (Zoonerythrin) gelb gefärbt wird. Letzteres verschwindet im Blute bzw. es erscheint in kristallinischer Form in den Perikardialzellen wieder, während die Kügelchen aufgelöst werden.

Eine Aufspeicherung von Reservestoffen in den Hämatozyten findet nach Cuénot bei Käferlarven nicht statt. Gefrieren und Wiederauftauen verändert die Hämatozyten nicht.

Bezüglich der Farbe des Blutes hat Geyer¹⁾ bei eingehenden Untersuchungen an Lepidopteren im Anschluß an eine Entdeckung von Steche, auf für Käfer die interessante Tatsache festgestellt, daß ein biologischer Unterschied in der Hämolymphe der Geschlechter besteht, der bei phytophagen Käfern sich schon in der Farbe ausdrücken kann. So zeigte die Hämolymphe von Larven von *Phytodecta 5-punctata* F. eine bald wasserhelle, bald hellgrüne Farbe. Bei der Entwicklung zur Imago zeigte es sich, daß die helle Farbe dem ♂, die grüne dem ♀ zukam. Bei den Imagines des untersuchten phytophagen Käfers, ebensowenig wie bei nicht pflanzenfressenden, war kein Farbenunterschied nachzuweisen. Bei *Calosoma* (Fleischfresser) zeigte das Blut von Larve ♂ und ♀ farblose, wasserhelle Farbe mit Oxydationsübergang an der Luft in braun, bei *Dytiscus* (Fleischfresser) bei ♂ und ♀ schwach gelbliche Farbe ohne Oxydation, bei *Anatis ocellata* (Blattlausfresser) Larve, ♂ und ♀ schwach gelbliche Farbe ohne Oxydation, bei *Coccinella 7-punctata* (Blattlausfresser) bei der Larve gelbliche, bei ♂ und ♀ gelbe Farbe ohne Oxydation. Bei *Hydrous* (Imago: Pflanzenfresser) war die Hämolymphe bei beiden Geschlechtern schwach gelblich mit Oxydation, bei *Leptura rubra* bei beiden Geschlechtern gelblich, ebenso bei *Rhizotrogus solstitialis*, bei den Larven von *Melolontha vulgaris* im männlichen Geschlechte hellbraun mit Oxydation nach 30—40' in dunkelbraun, bei den weiblichen Larven ebenso mit Oxydation in 25 bis 30' in dunkelbraun. Das Blut der *Cetonia*-Larve war schwach gelblich. Wo die Hämolymphe beider Geschlechter nicht gefärbt erschien, konnte durch eine biologische (Präzipitin-)Reaktion ein Unterschied zwischen

¹⁾ Kurt Geyer, Untersuchungen über die chemische Zusammensetzung der Insektenhämolymphe und ihre Bedeutung für die geschlechtliche Differenzierung. Zeitschr. f. wissenschaftl. Zoologie, CV. Bd., 1913, p. 349—499.

weiblicher und männlicher Hämolymphe festgestellt werden. Mischen von männlicher und weiblicher Lymphe der Imagines von *Calosoma sycophanta* ergab eine momentane Schlierenbildung, die bei Zusammenbringen gleichgeschlechtlicher Lymphe ausblieb. Damit war der hochinteressante biologische Beweis erbracht, daß auch bei Käfern ein sexueller Unterschied selbst bei gleichfarbiger Hämolymphe für beide Geschlechter besteht, welcher auf primären Unterschieden im Stoffwechsel beruht. Das gesamte Soma der Insekten ist also geschlechtlich differenziert.

Die Reaktion des Blutes von Käfern ist nach Rywosch¹⁾ in frischem Zustand alkalisch.

Die Menge desselben ist bei den Larven größer als bei der Imago. Die Hämolymphe bedingt neben der Füllung des Darmkanals im wesentlichen die Spannung des Leibes bei weichhäutigen Larven. Das Auspressen von Blut zu Verteidigungszwecken erfolgt bei den Coccinelliden z. B. nach Lutz²⁾ durch eine Spalte in der äußeren der beiden die Sehne des Extensors der Tibia verbindenden Gelenkhäute bei starker Kontraktion des Hinterleibes und des Beugemuskels der Tibia.

Untersuchungen über die quantitative chemische Zusammensetzung des Blutes bei Käfern sind mir nicht bekannt. Im allgemeinen setzt sich das Blut der Insekten nach Griffith aus 87—88 % Wasser, 7—8 % Eiweiß und 3—4 % Salzen, sowie 11,5 % flottierenden körperlichen Gebilden zusammen. Abweichungen von dieser Angabe sind bei Käfern sicher vorhanden, so ist das Blut der *Cetonia*-Larven direkt fadenziehend, zähflüssig. Jedenfalls ist das Blut trotz geringem Eiweißgehalt gerinnbar, bei Calosomalarven koaguliert dasselbe an der Luft sofort zu einer Gallerte. Die spontane Gerinnung wird bei der *Oryctes*-Larve nach Frédérick durch Sättigen mit ClNa oder MgSO_4 nicht verhindert. Die *Hydrophilus* (= *Hydrous*-) Larven zeigen nach Krukenberg mindestens drei bei verschiedenen Temperaturgraden koagulierende Eiweißkörper. Cuénot³⁾ benannte die Eiweißkörper je nach der Temperatur, der Gerinnungsfähigkeit und Farbe mit besonderen Namen. Bei *Hydrophilus* z. B. fand er einen blaßgelben an Eiweiß gebundenen Farbstoff „Hämophéine“. Fibrin konstatierte er sehr reichlich bei *Meloe proscarabaeus*, es fehlte dagegen bei *Hydrophilus* und *Blaps* sowie der *Dytiscus*-Larve. Krukenberg⁴⁾ beschrieb eine Verfärbung der aus dem Rückengefäß von *Hydrophilus* (im Durchschnitt 12—14 Tropfen) entnommenen Hämolymphe bis zur Schwarzfärbung. Der Farbenumschlag an der Luft trat bald nach 5—10 Minuten,

¹⁾ Rywosch, Bedeutung der Salze für das Leben der Organismen. Biol. Centralbl. 1900, p. 144.

²⁾ Lutz, Das Blut der Coccinelliden. Zool. Anz. 1895, p. 244—255.

³⁾ Cuénot, Etudes sur le sang et les glandes lymphatiques dans la série animale. 2 Part. Invertébrés. Arch. Zool. expérim. (2), Tome IX, 1891.

⁴⁾ Krukenberg, Über die Hydrophiluslymphe usw. Verhandl. d. Naturh.-Med. Ver. zu Heidelberg, N. F., III. Bd., 1. Heft, 1881.

bald erst nach Stunden ein und der Farbenton schwankte zwischen purpur, weinrot bis rotbraun, blaugrau, olivengrün, braun und tief-schwarz. Nach Erwärmung der Hämolymphe auf 50—55° C blieb der Farbumschlag aus, ebenso wie Frédériqu bei der *Oryctes*-Larve feststellte. Belichtung äußerte keinen Einfluß auf die Reaktion. Sättigen der Lymphe mit ClNa oder MgSO_4 verzögerte bzw. verhinderte den Eintritt desselben. Spektroskopisch erwies die frische *Hydrophilus*-Lymphe wie die geschwärzte *Oryctes*-Lymphe nach Frédériqu die Abwesenheit von Absorptionsstreifen. Die Schwärzung der Hämolymphe, die auch bei der Hirschkäferlarve nach operativen Eingriffen von Sasse (1911) beobachtet wurde, ist nach neueren Untersuchungen von v. Fürth und Schneider darauf zurückzuführen, daß durch Tyrosinase, also ein Enzym, ein Eiweißkomplex aromatischer Natur, das sog. Chromogen, bei Sauerstoffzutritt an der Luft in ein Melanin übergeführt wird. Ein anderes Enzym ist die in der Lymphe von *Hydrophilus* und *Dytiscus* vorkommende Gujakeroxydase, welche nach Ostwald entweder im lebenden Tier schon vorhanden ist oder sich mit ungeheurer Geschwindigkeit bildet. Zusatz von Hämolymphe zu einer wässerigen oder mit wenig H_2O_2 versetzten Gujaksuspension läßt regelmäßig innerhalb spätestens fünf Minuten Grün- oder Blaufärbung erkennen¹⁾. Die Schwarzfärbung (Melanose) durch Tyrosinase ist ein postmortaler Vorgang, doch spielt vielleicht die Bildung von Melanin bei der Entstehung von Melaninpigmenten eine Rolle. In Holz, besonders von Fichte und Eiche, lebende Larven zeigen nach mehrtägigem Liegen in Alkohol öfters eine intensive Schwärzung der Haut (eigene Beobachtung).

Außer geringen im Blute vorkommenden Mengen von Fett seien noch von sonstigen Substanzen erwähnt das Uranidin, unbekannter chemischer Konstitution, welches sich bei *Meloë* reichlich in Form feinsten, schwarzer Körnchen vorfindet, sowie das Cantharidin, ein β -Lakton der Ketonsäure ($\text{C}_{10}\text{H}_{12}\text{O}_4 = \text{C}_9\text{H}_{11}\text{O}_2 \cdot \text{COOH}$) vom Schmelzpunkt 218, welches die bekannten blasenziehenden Eigenschaften des Blutes in der Gruppe der Vesikantien bedingt. Giftige Eigenschaften besitzt auch das Blut der Coccinelliden, welches einen opiumähnlichen Geruch hat. *Dytiscus circumcinctus* starb nach nur teilweisem Verzehren einer *Coccinella 7-punctata* nach Meißner²⁾, während andere Insekten schon durch den Geruch getötet wurden. Myrmeleon und Spinnen sind dagegen immun. Von anderer Seite wird behauptet, daß der gelbe Farbstoff im Blute der Coccinelliden, das Zoonerythrin, welches einige Reaktionen mit den Carotinen (Lipochromen) der Pflanzen gemeinsam hat, nicht giftig sei. Das Blut von *Timarcha pimelioides* H. = S. tötet sogar Hunde und Frösche schnell durch Herzlähmung. Ob das

¹⁾ Vgl. den Abschnitt über tierische Oxydasen von W. Biedermann in Wintersteins Handb. d. vergl. Physiologie, Bd. II, 1. Hälfte, p. 147ff.

²⁾ Meißner, Die Giftwirkung des Coccinellidensaftes. Entom. Bl. 1909, p. 180.

Gift der *Diamphidia locusta*-Larven, von den Buschmännern als Pfeilgift benutzt und ein starkes Nervengift darstellend, aus dem Blute stammt, ist nicht bekannt, aber wahrscheinlich. Seiner Wirkung nach ähnelt es den sog. Sapotoxinen. Es wirkt hämolytisch und nervenlähmend.

Über die Blutsalze ist mir nichts bekannt geworden. Die Gesamtaschenanalyse des Körpers von Maikäfern und Canthariden ergab folgende Werte¹⁾:

Maikäfer:		Canthariden:
Kali	10,74 %	14,97 %
Natron	3,39 %	2,84 %
Kalk	13,41 %	19,05 %
Magnesia	11,33 %	9,67 %
Eisenoxyd	6,48 %	— %
Phosphorsäure ..	42,09 %	35,07 %
Kohlensäure	— %	0,27 %
Kieselsäure	11,12 %	14,90 %
Chlor	0,38 %	— %
Schwefelsäure ...	11,12 %	1,00 %

Der propulsatorische Apparat der Hämolymphe, das Rückengefäß (Herz) liegt „unter der dorsalen Längsmedianlinie, an der Rückenwand befestigt durch besondere Muskeln inmitten eines zum größeren Teile mit einem schwammigen Zellgewebe und Tracheen ausgefüllten Hohlraums, der durch das von den Flügelmuskeln und dessen Bindegewebe gebildete Septum vom unteren und weitaus umfangreicheren Eingeweideraum getrennt wird²⁾“. Es ist ein schmales, gerades, durch seitliche (bei *Dytiscus* etwas dorsal gelegene) Spaltöffnungen, die sog. Ostien, ausgezeichnetes, hinten geschlossenes, vorn offenes Rohr, an welchem man zwei Teile unterscheiden kann, den abdominalen Teil, das eigentliche Herz, welcher hinten bei *Dytiscus*³⁾ und *Melolontha*⁴⁾ zugespitzt kegelförmig ohne Muskelbefestigung endigt und den Aorta genannten Teil, welcher bei den genannten Käfern vom Herzen leicht bajonettförmig nach unten abbiegt, nach vorn bis über das Oberschlundganglion hinaus unter demselben bis in den Kopf reicht und dort offen vor der Stirn endigt. Der Herzschauch zeigt dorsale, segmentweise Einfaltungen, so daß derselbe den Ausdehnungen der Tergite folgen kann, wie schon Strauß-Dürkheim für den Maikäfer nachgewiesen hat und wird durch Einschnürung an der Grenze der Segmente in kammerartige Abschnitte geteilt. Im abdominalen Abschnitt befindet

¹⁾ Zitiert aus: Botazzi, Das Cytoplasma und die Körpersäfte in Wintersteins Handb. d. vergl. Phys. 1911, Bd. I, p. 12.

²⁾ V. Graber, Vorläufiger Bericht über den propulsatorischen Apparat der Insekten. Sitz.-Ber. d. K. K. Akad. d. Wiss., 1. Abt., Märzheft, Wien 1872.

³⁾ E. Oberle, Das Blutgefäßsystem von *Dytiscus marginalis* L. Inaug.-Diss. Marburg 1912.

⁴⁾ Strauß-Dürkheim, l. c.

sich bei *Dytiscus* je ein Paar Spaltöffnungen, deren Zahl der Stigmenzahl 8 entspricht, und die auch z. B. bei *Melolontha*, *Acanthocinus*, der Larve von *Lucanus* (bei der Imago sind sieben nach Newport vorhanden) nachgewiesen sind und zwar liegen die vorderen Ostien der Grenze der Tergite genähert, während die hinteren sich ziemlich in der Mitte befinden mit Ausnahme des letzten Ostienpaares, das wenig hinter der Grenze des siebenten und achten Segments liegt. In der Nähe der Spaltöffnungen ist das Herz etwas erweitert. Bei der *Calosoma*-Larve sah Burmeister¹⁾ nur vier Öffnungen. Besondere Ventrikelklappen existieren zwischen den einzelnen Herzabschnitten nicht. Bei dem Erschlaffungszustand der Herzwand (Diastole) sind die Ostien auseinandergezogen und lassen das Blut aus dem Perikardialsinus einströmen, bei der Zusammenziehung des Herzens (Systole) werden die Ränder der Ostien in das Herzlumen eingestülpt.

Der Aortenteil des Rückengefäßes verläuft zwischen den Längsmuskeln der Rückendecke über dem Darm her und dringt, begleitet von den beiden Kopftracheen, in den Kopf ein, wo er zwischen Ober- und Unterschlundganglion verläuft und zwar eingengt, bis er offen in Form eines Trichters endet, dessen dorsale Wand sich nach vorn unter das Oberschlundganglion erstreckt, während der ventrale Teil sich an den Darm anheftet. Bei *Dytiscus* sind von Oberle zwei dorsal von der Aorta abgehende Kanäle, je einer im Meta- und Mesothorax beschrieben, welche sich, ampullenförmig erweiternd, zu einem zwischen der Dorsalwand ausgebreiteten Muskel hinziehen, der den Inhalt derselben auspressen kann. Das Oberschlundganglion ist von einem Blut-sinus umgeben, in welchen das Blut bei seinem Rückfluß vom Kopf nach dem Thorax abströmen kann.

Was den histologischen Aufbau betrifft, so unterschied schon Graber am Rückengefäß eine äußere bindegewebige Adventitia mit elastischer Faserstruktur, ferner eine Ringmuskelschicht (Muskularis), welche entweder aus weiter getrennten Primitivzylindern mit runden Kernen (bei *Rhagium*-Larven) oder dichter gestellten mit dicken quergestreiften Muskelprimitivbündeln (bei *Dytiscus*) besteht, sowie eine Intima, welche nach Graber vom Sarkolemma der mediären Ringfasern deutlich geschieden ist, nach anderen (Bergh) dem Sarkolemm der Muskularis zugehörig betrachtet wird. Eine endotheliale Auskleidung des Herzschlauchs ist bis jetzt nicht nachgewiesen.

Wie schon erwähnt, befindet sich das Herz in einem Hohlraum (Perikardialsinus), der dadurch zustande kommt, daß sich eine quere Membran, welche zahlreiche kleine Spaltöffnungen besitzt, die den Durchtritt von Hämolymphe zulassen, von den Seiten der Rückenwand sich unter dem Herzen herzieht. Der dorsale Teil dieses Septum zeigt im Abdomen segmentweise eingelagerte Muskelbündel, die Fächer-

¹⁾ H. Burmeister, Handb. d. Entomol., Bd. I, 1832, p. 165; Lacordaire (Introduction à l'Entomol., Paris 1838). zitiert fälschlich 5.

oder Flügelmuskeln, *Musc. alares*, welche sich paarweise (bei *Dytiscus* acht) von den dorsalen Rändern der Segmente seitlich entspringend und sich fächerförmig verbreiternd median unterhalb des Herzrohres vereinigen. Diese Muskeln entspringen direkt ohne Sehne von Hypodermiszellen und zwar entspringt das erste Paar bei *Dytiscus* nach Oberle am hinteren Rand des Metaphragma und es erstrecken sich die Fasern bis in den Metathorax hinein. Die fünf folgenden entspringen am vorderen Rand der Tergite und sind etwas länger als die Hälfte des größten Hinterleibsdurchmesser, das siebente und achte Paar von zwei durch Oberle zuerst nachgewiesenen vorspringenden chitinosen Spangen der Tergite vor den betreffenden Stigmen. In dem so durch das beschriebene Diaphragma gebildeten Hohlraum ist das Herz durch dorsale feine Muskelfasern, die *Musc. suspensorii cordis*, von oben befestigt, während ventral zu der Adventitia feine Fasern von den *Musc. alares* hinziehen. Ein zweites bei anderen Insekten (Libellen) nachgewiesenes Septum, welches von den Bauchplatten ausgeht und, über das Bauchmark hinziehend, einen Ventralsinus bildet, ist bei Käfern noch nicht nachgewiesen.

Der Blutkreislauf kommt nun folgendermaßen zustande: Einmal findet eine wellenförmig sich abspielende Zusammenziehung der einzelnen Herzabschnitte, die von hinten nach vorn abläuft, statt, die Herzsytole. Hierbei wird das Blut nach vorn in die Aorta gepreßt und gelangt von da zunächst in den Kopf und seine Anhänge (Fühler usw.), weiterhin auf dem Rücklauf in den Blutsinus um das Oberschlundganglion und den Thorax. Die eingestülpten Ostialfalten wirken als Verschlußventile, indem sie, durch die Form einer ∞ um das Rohr herumziehende Muskelfasern zusammengepreßt, das Eindringen des Blutes in den Herzbeutelraum (Perikardialsinus) verhindern. Das Vorwärtspressen des Blutes wird durch die Anordnung der Ringmuskelfasern begünstigt, welche in der Mitte der Herzkammerabschnitte mehr quer, gegen die Enden der Kammern aber in schraubenförmigem Laufe mehr longitudinal verlaufen (Graber). Für den Maikäfer gibt Graber noch ein besonderes Absperrventil an, ein sog. Segelventil, und eine gestielte große Zelle, welche den Kammerverschluß bei der fortlaufenden Kontraktionswelle befördern und den Rückfluß des Blutes in die kontrahierte, vorhergehende Kammer verhindern. Für *Cybister Röseli* gibt Popovici-Baszosanu¹⁾ während der Systole in jedem Segmente eine Ringfurche der Herzwand an, welche der Gegend des sog. Pelottenverschlusses anderer Insekten (*Chironomus* Dipt.) entspricht. Diese Verhältnisse, welche bei allen Formen nicht gleichartig zu sein scheinen, bedürfen noch genauerer Erforschung. Bei der Erschlaffung des Herzens, der Diastole, öffnen sich die Ostialspalten und das Blut strömt aus dem Perikardialsinus in das Herz ein.

¹⁾ Zitiert nach Deegener in Schröders Handb. d. Entomol., p. 402.

Eine weitere Einrichtung, um den Blutkreislauf zu regeln, besteht in den Bewegungen des Perikardialseptums infolge Tätigkeit der sog. Flügelmuskeln. In der Ruhe ist das Septum dorsal gewölbt und der Perikardialsinus eng, bei Anspannung der *M. alares* wird der Raum wie bei der Zwerchfellbewegung vergrößert und infolge Abplattung der Wölbung und dadurch Druck auf den Fettkörper Blut durch die Spalten des Septum in den Sinus hineingepreßt. Unter der Annahme, daß auch bei Käfern der erwähnte Ventralsinus vorkäme, würde Abfluß des Blutes zunächst in diesen erfolgen, von da aus erst ein Einströmen in die Bauchhöhle stattfinden¹⁾ und von da das Einströmen in den Dorsalsinus. Durch lockere Faserverbindung der dorsalen Seite des Herzrohrs wird dieses in erschlafftem Zustand mit erweitert, ohne daß die Flügelmuskeln unmittelbar einen Einfluß auf die Diastole haben. „Später federt der ganze Apparat dann wieder zurück“ (Graber), wobei die allerdings schwachen *Musc. suspensores cordis* vielleicht als Antagonisten der *M. alares* wirken.

Im wesentlichen wirkt die Herztätigkeit nur in beschränktem Maße regulatorisch, die Hauptbewegung der Körpersäfte kommt durch die Einwirkung der Muskelbewegungen bei der Atmung und Lokomotion auf die lakunären Bahnen zustande. Einen gewissen Einfluß auf die Bewegung der Säfte mag auch die von Dewitz hervorgehobene Eigenbewegung der Hämatozyten, welche nicht bloß kriechen können, haben, wie durch Beobachtung bei *Tenebrio molitor* am Flügel festgestellt wurde.

Eine Innervation des Herzens und der Flügelmuskeln findet nach Holste²⁾ durch von den Abdominalganglien ausgehende Nervenäste statt.

Die Zahl der Herzkontraktionen dürfte im Mittel 60 in der Minute betragen. Was die Eigenwärme anlangt, so gehören die Käfer zu den wechselwarmen (poekilothermen) Tieren. Die Eigenwärme ist unter gewöhnlichen Verhältnissen, d. h. bei mittlerer Feuchtigkeit, Temperatur usw., dieselbe wie die Wärme der umgebenden Luft oder unbedeutend höher, sie variiert demnach innerhalb bedeutender Grenzen. Eine gewisse optimale Temperatur scheint vorhanden zu sein, doch ist für die Käfer keine bestimmte mittlere Zahl anzugeben. Es gibt Arten, welche ausnahmsweise hohe Temperaturen bevorzugen, wie das sonst unter Buchenrinde vorkommende *Cerylon ferrugineum* Steph. oder *Aspidiphorus orbiculatus* Latr. in der „Glut“ der Gerberlohe angetroffen wurden oder sie sind dauernd bestimmten Temperaturen angepaßt, wie die Arten *Hydroscapha gyrinoides* Aub. und *Laccobius gracilis* var. *Sellae* Sharp., welche in einer Magnesiumtherme von 40

¹⁾ Vgl. die Fig. 74 bei Escherich, Die Forstinsekten Mitteleuropas, Erster Band, 1914.

²⁾ Holste, Das Nervensystem von *Dytiscus marginalis* L. Inaug.-Diss. Marburg 1910.

bis 50° C nach Ganglbauer vorkommen in einer Höhe von 1380 m s. m. (Alpes maritimes, Valle del Gesso) unter und auf schlitterigem, hauptsächlich von *Valderia leptotrix* bestehendem Algenüberzuge (Muffe), die in dem Abfluß heißer Quellen üppig gedeihen. Andere, wie die höhlenbewohnenden Arten der Carabiden und Silphiden, leben konstant in einer Temperatur von 8—10° C, die den Höhlen das ganze Jahr eigentümlich ist. Sie sterben, wie z. B. *Anophthalmus likanensis*, in die Mittagssonne gestellt, fast momentan ab¹⁾ oder gehen, wie die Höhlensilphiden, in der Sammelflasche bald ein, wie dies selbst mit kräftigerem Integument versehene südliche Blindkäfer (*Amaurorhinus* nach Diek) tun.

Die erste Beobachtung, daß den Käfern eine gewisse Eigenwärme zukommt, rührt von Berthold (1835) her, welcher die Temperatur von *Geotrupes* höher als die der umgebenden Luft fand. Die ersten eingehenden Untersuchungen machte 1837 Newport²⁾ mittelst eines Fahrenheitthermometers. Er unterscheidet zwischen Luft- und Landtieren, Tag- und Dämmerungstieren. So fand er bei *Melolontha vulgaris* (Luft- und Dämmerungstier) Temperaturerhöhung von 0,2° bis 3,2° F³⁾ in Ruhe, von 4,8—9° F bei Bewegung und heftiger Atmung (Vorbereitung zum Flug) gegenüber der Temperatur der äußeren Luft, welche stets niedriger war. Bei *Rhizotrogus* betrug die Temperatursteigerung 0,4—2,3° F in Ruhe, 1,4—3,2° bei Bewegung, bei *Coccinella 7-punctata* 0,3° F in relativer Ruhe, 0,8° bei Bewegung, bei *Lucanus cervus* in vollkommener Ruhe 0,3° bei mäßiger Bewegung, bei Erregung 2,6°. Bei Tagtieren (auf dem Lande) betrug die Temperatursteigerung bei *Meloë violaceus* 0,6—1,3° je nach geringerer oder stärkerer Erregung, bei *Meloë proscarabaeus* in Ruhe 1,5° und Erregung 2,7°, bei *Staphylinus olens* 1°, bei *Staph. erythropterus* 0,6° bei Bewegung. Bei Dämmerungs- bzw. Landtieren fand er Steigerung bei *Carabus nemoralis* 0,2° in Ruhe, 0,3° bei geringer Erregung, 0,4° bei starker Erregung, bei *Car. monilis* 0,2° bei Bewegung, keine Differenz nach 18stündigem Hungern und Erregung, bei *Blaps mortisaga* 0,1—0,3°. Er schloß daraus, daß Hunger, Ruhe, Schlaf, Überwinterung und außerordentliche Erregung (Muskeltätigkeit, beschleunigte Atmung) einen Einfluß auf die Temperatur haben müssen. Lacordaire⁴⁾ zitiert (1838) eine Beobachtung, wonach in einem Gefäß, welches eine große Menge *Lytta vesicatoria* enthielt, die Temperatur um 4—5° F stieg. Eines elektrischen

¹⁾ Stiller, Höhlenexkursionen. D. Ent. Zeitschr. 1911, p. 472.

²⁾ G. Newport, On the Temperature of Insects and its connexion with the Function of Respiration and Circulation in the Class of Invertebrated Animals. Philosophical Transact. of the Royal Society of London, CXXVII, Part II, 1837, p. 259—339.

³⁾ t° Fahrenheit = $\frac{5}{9}(t - 32)$ Celsius.

⁴⁾ M. Th. Lacordaire, Introduction à l'Entomologie. Paris 1838. T. II, p. 177.

Thermometers bediente sich Dutrochet (1840) und fand folgende Differenzen zwischen Körper- und Lufttemperatur:

<i>Melolontha vulgaris</i>	+ 0,09° C
<i>M. vulgaris</i> (Larve)	+ 0,04° C
<i>Rhizotrogus solstitialis</i>	+ 0,09° C
<i>Lucanus cervus</i>	+ 0,1° C
<i>Carabus monilis</i>	— 0,03—0,06° C
<i>C. auratus</i>	— 0,03—0,06° C
<i>Blaps mortisaga</i>	— 0,03—0,06° C
<i>Cetonia aurata</i>	+ 0,25° C
<i>Timarcha tenebricosa</i>	— 12° C
<i>Geotrupes vernalis</i>	— 12° C

Die Lufttemperatur betrug bei diesen Versuchen im Durchschnitt 18° C. Bequerel (1844) fand die Temperatur der Larve von *Oryctes nasicornis* um 1,5° höher als die der Luft. Girard (1869) meinte, daß bei weichhäutigen Käfern (z. B. *Meloë*) die Körpertemperatur höher sei als bei dicker Haut und schlechterer Wärmeleitung auf der Oberfläche. Bei Wasserkäfern (Dytisciden, Gyriniden) fand er gleiche Verhältnisse wie bei Landbewohnern. Die grundlegenden Messungen neuerer Zeit rühren von Bachmetjew¹⁾ her, der auf Grund seiner Arbeiten fand, daß die Temperatur der Insekten innerhalb sehr weiter Grenzen variiert, bei in der Ruhe befindlichen Tieren der Temperatur der umgebenden Luft gleich oder ganz unbedeutend höher ist: Durch präzise thermoelektrische Untersuchungen stellte er auch die Abweichungen, welche durch die Einflüsse der Umwelt (Feuchtigkeit, Bewegung usw.) hervorgerufen werden und auf welche ich in einem späteren Kapitel zurückzukommen gedenke, fest. Was die in 24 Stunden gebildete Größe der Wärmebildung in absolutem Maße beim respiratorischen Stoffwechsel betrifft, so fanden Regnault und Reiset beim Maikäfer bei einem Körpergewicht von 0,001 kg und einer Versuchstemperatur von 15—23° C 9,1 Kalorien (unter Zugrundelegung von einer Verbrennungswärme von 1 g Sauerstoff = 3,53 Kal.), Pott beim „Mistkäfer“ bei einem Gewicht von 0,00032 kg dieselbe Zahl (Temperatur 19—21° C und Berechnung von 1 g CO₂ = 3,37 Kal.²⁾.

Zum Blutgewebe wird anatomisch der Fettkörper gerechnet, da nach Wielowieski bei Embryonen und jungen Larven Übergänge zwischen Hämocyten und Fettzellen vorkommen. Er stellt Anhäufungen von mehr oder minder zusammengeballten, gelblich oder weißlich gefärbten Zellhaufen dar, die anscheinend regellos oder buchtig gelappt oder in Strängen zwischen und an den Eingeweiden und zwischen diesen

¹⁾ P. Bachmetjew, Experimentelle entomologische Studien vom physikalisch-chemischen Standpunkt aus. Erster Band. Temperaturverhältnisse bei Insekten. Leipzig 1901.

²⁾ Zitiert nach Tigerstedt, Die Produktion von Wärme und der Wärmehaushalt in Wintersteins Handb. der vergl. Physiol., Bd. III, 2. Hälfte, p. 81.

und der inneren Oberfläche des Körpers sich befinden. Bei *Luciola italica* fand Emery¹⁾ eine durch die Farbe der Uratkongremente bedingte verschiedene Färbung des Fettkörpers bei ♂ und ♀, der bei ersterem rosa, bei letzterem weißliche, bei durchfallendem Licht bräunliche Kongremente zeigt. Man will eine innere und äußere Schicht des Fettkörpers unterscheiden können. Letztere, aus rundlichen Ballen bestehend, füllt bei den Lampyridenlarven z. B. den ganzen Raum der Leibeshöhle prall aus²⁾. Überhaupt ist der Fettkörper bei den Larven besonders stark entwickelt entsprechend seiner Hauptfunktion ein Nahrungsreservoir in den Fraßperioden des Larvenstadiums zu bilden. Nebenbei erfüllt er anscheinend noch andere Aufgaben einmal exkretorischer Art und weiterhin eine phagozytäre Funktion. Histologisch findet man in ihm:

1. Eigentliche Fettzellen, gewöhnlich kugelige Art, die mit Einschlüssen von Fetttröpfchen versehen sind und die auch albuminoide Körper und Glykogen enthalten, sog. Liparozysten. Neben ihnen kommen Zellen vor, welche neben Fetttröpfchen dunklere Kongremente und zwar harnsaure Salze usw. enthalten. Solche sind bei Koleopterenpuppen und *Aphodius*-Imagines von Berlese erwähnt. Ob diese Zellen eine besondere Form darstellen, ist für die Käfer noch nicht entschieden. Bemerkenswert ist, daß Fettzellen sich mitotisch vermehren können, ohne daß die Einschlüsse verschwinden, wie Poyarkoff unmittelbar vor der Häutung der Larve von *Galerucella luteola* Müll. (= *crataegi* Bach) beobachtete (1909).
2. Zellen innerer Sekretion³⁾, hypostigmatische, peritracheale und perikardiale Drüsenzellen, zu denen besonders die von Wiewieski (1886) bei Käfern zuerst nachgewiesenen, gelbgrünlich gefärbten sog. Oenozysten gehören. Sie finden in dem Kap. V noch einmal Erwähnung.
3. Freibewegliche Phagozyten, ohne daß, wie bei anderen Insekten, besondere Phagozytärorgane bis jetzt nachgewiesen wurden. Speziell wird letzteres für *Dytiscus* und *Hydrophilus* von Cuénot verneint. Sie sind Wanderzellen, welche die Reste der Larvenorgane im Körper vernichten, vielleicht auch als Mikrobenvernichter Schutzorgane des Körpers darstellen, obwohl die Käfer, wenn man an ihren Aufenthalt in Aas, Mist und anderen faulenden Substanzen denkt, infolge ihrer schützenden Körperdecke Infektionen kaum ausgesetzt sind, bzw. ein aseptisches Leben im Schmutze führen.

1) C. Emery, Untersuchungen über *Luciola italica*. Zeitschr. f. wiss. Zool., XL. Bd., p. 339.

2) H. Kolbé, Einführung in die Kenntnis der Insekten. Berlin 1893. p. 568.

3) E. Verson, Zur Kenntnis der Drüsenzellen (sog. innerer Sekretion), welche in den Blutlakunen der Insekten vorkommen. Zool. Anzeig., 38. Bd., 1911, p. 295–301.

Die lakunären Gänge des Fettkörpers bezeichnet Graber als „Saftleitungsapparat“. Sehr reichlich ist der Fettkörper mit Tracheen-
ästen versorgt, bei Lamellikorniern (*Melolontha*, *Geotrupes*) verwächst er mit größeren Tracheenstämmen und Tracheenblasen. Besondere sog. Respirationszellen werden bei Käfern nicht erwähnt. Ob ein Teil des Fettkörpers ektodermalen Ursprungs ist, ist noch eine offene Frage. Für die das Tracheensystem begleitenden Fettlappen nehmen Korschelt und Heider¹⁾ bestimmt bei *Hydrophilus* einen mesodermalen Ursprung an, wie für den übrigen Fettkörper.

Da die die Leuchtorgane bildenden Zellen bei den Käfern als Abkömmlinge des Fettkörpers zu betrachten sind, wie die Untersuchungen von Vogel²⁾ beweisen, so erfolgt hier die Besprechung derselben im Anschluß an den Fettkörper. Die Zellen der Leuchtorgane bei *Lampyrus noctiluca* sind in einem bestimmten Entwicklungsstadium morphologisch mit den Fettzellen des Embryo identisch. Erst später tritt die Differenzierung des Leuchtorgans in zwei Schichten ein, eine dorsale, dunklere als Reflektor wirkende Schicht und die ventrale, eigentliche Leucht- oder Parenchym-schicht. Die im sechsten und siebenten Abdominalsegment gelegenen Leuchtplatten des ♀ von *L. noctiluca* entwickeln sich im spätesten Larvenstadium aus dem fertigen Fettkörper und sind nicht etwa als besondere Gewebe embryonal angelegt.

Ein Leuchtvermögen besitzen unter den Käfern in erster Linie die Lampyriden und eine große Anzahl tropischer Elateriden. Als höchstwahrscheinlich zweifelhaft muß das Leuchtvermögen von anderen Familien angehörigen Käfern bezeichnet werden und sind hier die beobachteten Lichterscheinungen auf andere Ursachen (Lichtreflex an der Fühlerkeule von Paussiden z. B. oder Infektionen mit Leuchtbakterien) zurückzuführen. Dagegen kommt außer bei den Lampyriden auch bei anderen Weichkäfern (*Phengodes laticollis* Horn z. B.) Leuchten von Larven, Puppen und Imagines vor, besonders das ♀ von genanntem Käfer soll eine besonders starke Leuchtkraft besitzen. Bei den Weichkäfern liegen die Leuchtorgane im Abdomen, bei den Elateriden macht sich das im ganzen Körper verbreitete Leuchten an den Stellen, wo die Leuchtorgane liegen, besonders an den Leuchtflecken am Halsschild bemerkbar, kann aber auch an allen dünnen Chitinstellen, besonders an der Verbindungshaut zwischen Thorax und Abdomen bemerkt werden. Nach Escherich sind wohl an 1000 leuchtende Arten bekannt.

Um auf die bei uns vorkommenden Arten einzugehen, so liegen die Leuchtorgane des ♂ von *Phausis splendidula* als weiße, breite, plattenförmige durchscheinende Flecke unter pigmentlosen Stellen der Chitin-

¹⁾ Korschelt und Heider, Lehrbuch der vergl. Entwicklungsgeschichte der wirbellosen Tiere. Spez. Teil. 2. Heft, Jena 1892.

²⁾ Vogel, Zur Topographie und Entwicklungsgeschichte der Leuchtorgane von *Lampyrus noctiluca*. Zool. Anz., 41. Bd., 1913, p. 325-332.

decke ventral am sechsten und siebenten Abdominalsegment¹⁾. Beim ♀ liegen knollenförmige Leuchtorgane lateral an den Pleurenhäuten der Segmente zwei bis sechs, ferner ventral median ein kleiner Leuchtpunkt im fünften Sternit, zwei (seltener drei) ebenso im sechsten und ein breites, großes Leuchtorgan im siebenten Sternit.

Das ♂ von *Lampyris noctiluca* besitzt zwei kleine, schwach leuchtende Organe, im achten Segment. Dieselben Stellen, aus der Larvenzeit übernommen, findet man auch beim ♀ und außerdem noch zwei breite, ventrale Leuchtplatten im sechsten und siebenten Segment. Hierzu kommen beim ♀ noch kleine, von Bongardt²⁾ zuerst bemerkte Leuchtflecke am fünften Segment, deren Zahl nach Vogel inkonstant ist.

Phosphaenus hemipterus (♂ und ♀) besitzt zwei leuchtende, schwaches Licht ausstrahlende Stellen ventral im siebenten Abdominalsegment. Das Leuchten des äußerst selten aufgefundenen, versteckt lebenden ♀ ist von mir zuerst bestimmt nachgewiesen worden³⁾.

Bei *Luciola italica* ♂ leuchten zwei Platten, von denen die eine sich im vorletzten, die andere sich im letzten, d. h. äußerlich sichtbaren Hinterleibssegment ventral befindet. Da das achte Sternit bei *Luciola* fehlt, würden dies also das sechste und siebente Segment sein. Beim ♀ befindet sich im drittletzten Segment jederseits eine kleine, rundliche Leuchtplatte (Emery⁴⁾).

Was die Larven anlangt, so liegen bei *Phausis splendidula* wie bei der ♀ Imago in jedem Abdominalsegment seitlich zwei (d. h. jederseits ein) kleine Leuchtorgane mit Ausnahme des letzten Segments. Die Larve von *Lampyris noctiluca* besitzt zwei ventrolaterale Leuchtorgane im achten Abdominalsegment als kleine kugeligovale Leuchtknollen am Seitenrand, ebenso wie auch die *Phosphaenus*-Larve, und zwar von Fettkörperballen umgeben und dorsal von einer zarten Membran umzogen. Bei der Larve von *Homalilus suturalis* Ol. (= *fontisbellaquei* Geoffr.) leuchten die weichen Seitenteile des Hinterleibs mit grünlichem Lichte⁵⁾. Außer den Larven, welche das ganze Jahr hin-

¹⁾ Da die Abdominalsegmente immer noch morphologisch unrichtig gezählt werden, so sei hier die Formel für das ♂ Abdomen von *Phausis splendidula* angegeben:

Tergite	1	2	3	4	5	6	7	8
Sternite (1)	2	3	4	5	6	7	8	
					⏟			
					weiße Platten			

Tergit 1 ist schwach chitiniert, gelblich, weich.

²⁾ J. Bongardt, Beiträge zur Kenntnis der Leuchtorgane einheimischer Lampyriden. Inaug.-Diss. Leipzig 1903. (Zählung der Segmente bei B. morphologisch unrichtig!)

³⁾ L. Weber, Über den Leuchtkäfer *Phosphaenus hemipterus*. D. Ent. Zeitschr. 1909, p. 784.

⁴⁾ Emery, Untersuchungen über *Luciola italica* L. Zeitschr. f. wiss. Zool., XL. Bd., p. 348—355.

⁵⁾ Bertkau, Beschreibung der Larve und des ♀ von *Homalilus suturalis*. D. Ent. Zeitschr. 1891, Heft 1.

durch, auch im Winter, leuchten (*Phausis*-Larven habe ich im Dezember, *Lampyris*-Larven im April leuchtend gefunden), leuchten auch die Eier (Embryonen und Puppen, letztere angeblich gleichmäßig und unaufhörlich. Die ♀ Puppe von *Phengodes laticollis* trägt 16 Paare von Leuchtorganen auf Rücken und Bauchseite. Das Leuchten unbefruchteter und solcher befruchteter Eier, bei denen die Leuchtorgane noch nicht differenziert sind, rührt nach Vogel (l. c.) wahrscheinlich von Zersetzungsvorgängen im Dotter her. Bongardt wies nach, daß der Leuchtstoff sich stets im Innern der Eier findet.

Die Leuchtorgane bestehen, wie bereits erwähnt, aus zwei Zellschichten, der dorsalen, deren Zellen reichlich mit Sphaerokristallen mit positiver Doppelbrechung, welche nach Kölliker (1864) und Bongardt bei Lampyriden aus harnsaurem Ammoniak, bei *Pyrophorus* (Elateride) dagegen, was die körnige Masse anlangt, aus harnsaurem Kalk, die Kristalle aus harnsaurem Kali nach Heinemann¹⁾ bestehen, besetzt sind, und der ventralen hellen Lage. Bei den knollenförmigen Organen des ♀ von *Phausis* fehlt anscheinend eine deutliche Differenzierung in zwei Lagen. Bei den Larven von *Lampyris* und *Phosphaenus* liegt die durchsichtige Lage an der inneren und dorsalen Seite. In diese Zellagen treten, von eng anliegenden Nerven begleitet, Tracheenästchen ein und zwar in die undurchsichtige Schicht zahlreichere, welche entweder am Ende Kapillaren aussenden oder an verschiedenen Stellen ihres Verlaufes Ästchen in baumförmiger Verzweigung abgeben. Die Tracheen endigen nun nach Einbüßung ihrer Spiralfalte und sich verjüngend entweder in einem sternförmigen Gebilde, das nach Bongardt als Erweiterung der Tracheenmatrix aufzufassen ist und von M. Schultze als Tracheenendzelle bezeichnet wird und von wo, bei *Phausis* (Leuchtorgane des ♂ und ventrale Leuchtorgane des ♀), kapillare Fortsätze ausgehen oder es geht das Plasma der Tracheen ohne deutliche Endzelle in verzweigte und Anastomosen bildende Fortsätze über (Tracheenendzylinder), wie bei *Lampyris* ♀, den seitlichen Knollen von *Phausis* ♀ und den Leuchtorganen von *Pyrophorus*. Die in die Leuchtorgane eintretenden Nerven, welche bei den lateralen Leuchtknöllchen vom betreffenden Segmentganglion, bei den übrigen Leuchtstellen den letzten Bauchganglien stammen, schmiegen sich den Leuchtzellen eng an, ohne daß eine Endigung im Kerne nachgewiesen werden konnte (Bongardt).

Was die physikalischen Eigenschaften des Leuchtkäferlichtes anlangt, so muß dasselbe mit Rücksicht auf den äußerst geringen Energieverlust als das idealste Licht, welches wir kennen, bezeichnet werden. Es entspricht den optischen Brechungsgesetzen, es kann durch eine Konkavlinse gesammelt, durch eine Konkavlinse zerstreut werden. Interferenz und Polarisierung konnten nicht nachgewiesen

¹⁾ Aschenanalyse von Leuchtorganen mexikanischer Cucujos. Pflügers Arch. 1873, Bd. 7, p. 365.

werden. Die photographische Platte beeinflusst es wie gewöhnliches Tageslicht. In dem mir vorliegenden Exemplar des ausführlichen Werkes von Dubois¹⁾ über die leuchtenden Elateriden befindet sich das bei Cucujolicht (*Pyrophorus noctilucus* L.) von ihm aufgenommene Photogramm des Physiologen Paul Bert. Dagegen ist die Existenz von Röntgen- und Bequerelstrahlen nicht wahrscheinlich. Nach den Untersuchungen von Dubois beträgt der photometrische Wert eines prothorakalen Leuchtorgans ungefähr $\frac{1}{150}$ Normalkerzenstärke. Das Licht unserer Leuchtkäfer ist bis auf 200 m noch erkennbar, bedeutend stärker ist das Licht der Exoten, ein einziger Cucujo ist imstande, Helligkeit, welche zum Lesen nötig ist, zu liefern. Dagegen betrug, was die Wärmebildung anlangt, wie Langley und Very auf bolometrischem Wege nachwiesen, bei *Pyrophorus* das Leuchten von $\frac{1}{400}$ der von einer gleichartig leuchtenden Flamme ausgehenden Wärme, wenn die übrige Wärmeproduktion im Körper unberücksichtigt blieb. Das Leuchtkäferlicht ist demnach als ein kaltes Licht zu bezeichnen.

Die Farbe des Lichtes wird von den Beobachtern verschieden angegeben, so bei:

- Phausis splendidula* bläulich (Verhoeff),
- Ph. splendidula* grünlichgelb (Macaire), beim Erwärmen in rötlich übergehend, ebenso in Chlorgas,
- Luciola italica* blaßbläulich (Spallanzani),
- L. italica* grüngelb (Verworn),
- L. italica* grünlich (Peters),
- L. italica* gelblich (Emery),
- L. italica* Übergang in Goldgelb (Dubois),
- L. italica* grünlich bis intensiv weiß (Grotthus),
- Phosphaenus hemipterus* ♂ bläulich (Müller),
- Ph. hemipterus* ♂ grünlich (eigene Beobachtung),
- Ph. hemipterus* ♀ schwach grünlich (eigene Beobachtung),
- Photinus pyralis* gelbgrün (Coblentz),
- Photuris pennsylvanica* mehr grün (Coblentz),
- Ph. consanguinea* mehr gelb (Coblentz),
- Pyrophorus noctilucus* grünlich (Langley und Very, ebenso Coblentz),
- Homaligus suturalis* grünlich (Bertkau).

Spektralanalytische Untersuchungen wurden von Langley und Very²⁾ bei *Pyrophorus noctilucus* L. mit einem auf Grund photometrischer Messungen als gleich lichtschwach betrachtetem Sonnenspektrum vorgenommen. Das grünliche Licht ergab ein Spektrum, das sich von

¹⁾ Raphaël Dubois, Les Élatérides Lumineux. Meulan 1886. „Cocujo“ ist nach Ovideo (1526), der zum ersten Male diese leuchtenden Insekten erwähnt, der Name der Eingeborenen von Haiti für den *Pyrophorus*. Die Spanier nennen die Käfer „Vaga lumes“.

²⁾ Zitiert nach E. Mangold, Die Produktion von Licht in Wintersteins Handb. d. vergl. Physiol., Bd. III, 2. Hälfte, p. 336.

0,468—540 μ , also von etwas jenseits F bis nahe an C erstreckte und seine maximale Helligkeit in Grün bei E bei einer Wellenlänge von 0,530 besaß, eine Zahl, die auch von Dubois (l. c. p. 117) als Mittelwert aus seinen Beobachtungen angegeben wird. Die abdominale Leuchtstelle zeigte ein etwa zweimal so starkes Licht als die thorakale. Coblenz stellte das Emissionsmaximum bei *Pyrophorus noctilucus* bei 0,538 fest. Er fand außerdem, daß die Helligkeitsmaxima bei einzelnen Käfern eine verschiedene Lage im Spektrum haben. Für die Lampyriden *Photuris pennsylvanica* lag das Emissionsmaximum bei 0,052 μ , bei *Photinus pyralis* bei 0,567; bei *Photinus consanguineus* bei 0,578. Die photographische Aufnahme zeigte deutlich, daß bei *Photinus* das Licht sich nicht so weit ins Blau erstreckt wie bei *Photuris*. Die Farben liegen gerade im Maximum der Farbenempfindlichkeit des menschlichen Auges. Rote und ultrarote Strahlen fehlen, während Dubois eine „noble quantité“ von roten Strahlen bei *Pyrophorus* annimmt.

Das Leuchten der Leuchtkäfer ist ein diskontinuierliches, wenn auch von *Pyrophorus* gesagt wird, daß er während des Fluges kontinuierlich leuchte. Andere wollen ein Aufblitzen des Lichtes in regelmäßigem Rhythmus bei großen Scharen des letztgenannten Tieres bemerkt haben. Das diskontinuierliche Aufleuchten veranlaßte die meisten Beobachter, einen Willenseinfluß auf den intrazellulär sich abspielenden Vorgang der Absonderung der Leuchtmaterie anzunehmen. dagegen machte Bongardt darauf aufmerksam, daß die *Lampyris*-larve, beunruhigt von dem Grashalm, auf dem sie sitzt, sich abfallen läßt, so daß der ventrale Leuchtapparat unsichtbar wird, ebenso schlägt das fliegende ♂ das Abdomen fortwährend unter den Thorax, so daß die ventrale Seite während des Zickzackfluges ebenfalls abgedreht wird. Ob der Einfluß des Nervensystems auf den Leuchtvorgang ein direkter oder indirekter ist, muß einstweilen noch offene Frage bleiben. Heinemann¹⁾, dem wir wie Dubois eingehende anatomisch-physiologische Untersuchungen über *Pyrophorus* verdanken, nimmt einen direkten Einfluß durch Beeinflussung der Ateminnervation an, während Verworn²⁾, der nach Abschneiden des Kopfes bei *Lucida* das Licht erlöschte und nicht mehr aufblitzen sah, zu der Annahme eines autonatischen Zentrums im Schlundring kam. Nur mechanische Reizung brachte wieder Aufleuchten hervor. Ohne einem einzelnen Versuch Bedeutung zur Entscheidung einer so wichtigen Frage beizulegen, teile ich folgende eigene Beobachtung mit:

Am Abend des 2. Mai 1916 fand ich eine Larve von *Lampyris noctiluca* auf einem trockenen Wege bei windstillem Wetter. Im trockenen Fangglase und mehrmals trocken durch Druck gereizt, leuchtete dieselbe nicht. Erst als ich dieselbe mit Wasser angefeuchtet hatte, beobachtete ich helles Aufleuchten der

¹⁾ C. Heinemann, Zur Anatomie und Physiologie der Leuchtorgane mexikanischer Cucujos. Arch. f. mikr. Anatomie, 1886, Bd. 27.

²⁾ M. Verworn, Ein automatisches Zentrum für die Lichtproduktion bei *Luciola italica*. Centralbl. f. Physiol., 1892, Bd. 6.

beiden unter der Pleurenhaut gelegenen Leuchtpunkte im achten Abdominalsegment. Wurde die Larve zwischen zwei ausgehöhlte Objektträger gelegt, um sie unter dem Binokular von der Bauchseite ruhig betrachten zu können, so leuchtete sie anfänglich anhaltend, das Leuchten konnte durch gelinden Druck auf das obere Gläschen wesentlich verstärkt werden. Die Larve versuchte nun unter dem Deckglas hervorzukriechen, wobei sie den Kopf weit vorstreckte. Hierbei gelang es mir, durch einen glatten Schnitt mit einem Augennesserschen den Kopf rasch abzutrennen. Die Folge war zunächst ein Erlöschen des Lichtes für einen Moment und dann leuchteten die Punkte wieder intensiv auf, um langsam im Verlaufe von etwa zehn Sekunden zu verlöschen. Druck auf den Objektträger veranlaßte jedesmal wieder Aufleuchten, aber schwächer als vor der Abtrennung des Kopfes und jedesmaliges Erlöschen nach zehn bis zwölf Sekunden. Ich betupfte nun die Wundstelle am Halse mit Essigsäure, darauf momentanes Aufleuchten und Erlöschen. Von nun an riefen auch mechanische Reize keine Leuchterscheinungen mehr hervor, obwohl noch krümmende Bewegungen des Hinterleibes vorhanden waren. Am anderen Morgen war der feuchtgelegene Körper des Tieres reflektorisch noch erregbar, insofern als Bewegungen der Extremitäten und des Hinterleibes erfolgten, aber kein Ausstrecken der Afterschläuche. Weitere Beobachtungen mußte ich aus äußeren Gründen abbrechen. Die später herauspräparierten Leuchtknollen, welche in Zusammenhang mit einer Trachee sich befanden, zeigten eine kugelig-eiförmige Gestalt und eine größere, kreideweiße, ventrale und eine glashelle Oberfläche, wie schon Bongardt (l. c.) angegeben hat.

Einen direkten Einfluß der Atmung auf den Leuchtvorgang kann man, wie auch schon Dubois für *Pyrophorus* betont, nicht annehmen. Bei der Kopula ist nach Bongardt das von den Käfern (*Lampyris*) entwickelte Licht während und kurze Zeit nach der Begattung besonders hell, besonders das ♀ leuchtet nach meiner Beobachtung kurz nach der Kopula stundenlang andauernd gleichmäßig glimmend und auffallend stark. Für *Phosphaenus* stellte ich (l. c.) fest, daß ♀ während der Kopula nicht leuchtet, nur nachher.

Bei Tage sind die ♀♀ von *Lampyris* und *Phausis* ohne Lichtproduktion, während beim ♂ ein, von mir allerdings spontan nie gesehenes Glimmen vorhanden sein soll, ebenso wie das am Tage munter im Sonnenschein sich bewegende ♂ von *Phosphaenus* ohne Beunruhigung nie leuchtet. *Luciola italica* leuchtet am Tage selbst im Dunkeln nicht, nur nachts im wachen Zustand. Überhaupt zeigen die Leuchtkäfer ein, was die Zeit betrifft, merkwürdiges Verhalten. So leuchtet *Pyrophorus* nach Dubois (l. c. p. 204), selbst im Dunkeln gehalten, auffallenderweise jeden Abend zur selben Zeit und wird munter. Dies stimmt auch mit dem Verhalten unserer Leuchtkäfer *Lampyris noctiluca* und *Phausis splendidula* überein. Hier bei Cassel ist die Zeit von $\frac{1}{2}10$ — $\frac{1}{2}12$ Uhr abends die normale, man kann sagen, in derselben Lokalität fast auf die Minute. Gegen Mitternacht erlöscht meistens das Licht der ♂♂.

Niedere Temperaturen werden von den Larven gut vertragen. Larven von *Phausis* habe ich am 1. Dezember, *Lampyris*-Larven im ersten Frühjahr leuchtend gesehen. Bei *Pyrophorus* hörte die Leuchtfähigkeit bei $+47^{\circ}$ C, bei *Lampyris* bei 40 — 50° C auf. Dagegen ist Feuchtigkeit der Luft ein unbedingtes Erfordernis und feuchte Wärme erhöht die Leuchtfähigkeit.

Die wichtigste Bedeutung kommt bei der experimentellen Erzeugung der Leuchterscheinungen der mechanischen Reizung zu. Nicht nur *intra vitam*, sondern auch nach dem Tode kann die angefeuchtete Leuchtsubstanz mechanisch zum Zerfall unter Lichterscheinung gebracht werden, im letzteren Falle sich natürlich nicht wieder ergänzen.

Ob durch elektrische Reizung eine Steigerung der Bildung von Leuchtstoff erfolgt, ist fraglich, viel wahrscheinlicher, daß ein vermehrter Zerfall der hypothetischen Leuchtsubstanz stattfindet. Versuche in dieser Hinsicht wurden von Dubois, Heinemann und Steinach ausgeführt.

Auch über die Einwirkung von Gasen und giftigen Substanzen ist eine große Anzahl von Versuchen ohne abschließendes Ergebnis angestellt worden, als besonders gutes Mittel, um lang andauerndes Leuchten hervorzurufen, erwies sich Osmiumsäure, auch Wasserstoffsuperoxyd.

So viel auch über die Leuchterscheinungen der Käfer¹⁾ geschrieben worden ist, so wenig ist uns über die Entstehung derselben bekannt. Es dürfte wohl nur folgendes feststehen. Die Bildung einer Leuchtsubstanz, über deren Natur wir noch völlig im unklaren sind, erfolgt in der lebenden Zelle selbst. Es treten nunmehr Bedingungen ein, unter denen diese Leuchtsubstanz zum Leuchten gebracht werden kann. Hierzu sind erstens eine gewisse Feuchtigkeit²⁾ und zweitens Sauerstoff notwendig, es handelt sich also um einen Oxydationsvorgang, aber keinesfalls um eine einfache Oxydation durch freien Sauerstoff, sondern vielleicht um die Bildung von Peroxyden, durch deren Vermittelung der weitere chemische Vorgang unter Auftreten von Licht erfolgt. Einen Versuch zur Erklärung des Johanniskäferlichtes hat Weitlaner³⁾ gemacht, indem er von der Trautz-Schoriginschen Leuchtreaktion⁴⁾ ausging. An Stelle der Pottasche setzte er das im Säftestrom und besonders in den Leuchtorganen vorkommende harnsaure Ammoniak, an Stelle der Pyrogallussäure nahm er Humussäure, welche aus der Nahrung stamme, an und Humaldehyd an Stelle des Formaldehyd, der in der Fußnote erwähnten Gleichung entsprechend, nachdem es ihm gelungen war, eine Aufschwemmung von Humus in einer Eprovette bei Zusatz von H_2O_2 und $NaCO_3$ im Dunkeln zum

¹⁾ Näheres, besonders ausführliche Literaturangaben, bei Mangold l. c.

²⁾ Annandale berichtete über eine im Wasser lebende und leuchtende Lampyridenlarve. v. Seidlitz, Ber. über die wiss. Leistungen im Gebiete der Entomologie während des Jahres 1900, p. 118.

³⁾ Franz Weitlaner, Weiteres vom Johanniskäferchenlicht und vom Organismenleuchten überhaupt. Verh. d. zool. bot. Gesellsch. i. Wien, 61. Jahrg., 1911.

⁴⁾ Mischt man 14 Cm^3 Pottaschelösung, 14 Cm^3 Pyrogallussäure, 14 Cm^3 35prozentigen Formaldehyd kalt und setzt 20 Cm^3 Wasserstoffsuperoxyd zu, so entsteht ein lebhaftes Leuchten. $(H_2O_2 + K_2CO_3 + C_6H_6O_3 + CH_2O + H_2O_2 = \text{Leuchten})$.

Aufleuchten zu bringen. Bei der Trautz-Schoriginschen Reaktion tritt indes eine starke Erhitzung bei rötlichem Licht ein, der letzterwähnte Leuchtversuch mit Humus ist mir nie geglückt, auch ist die Nahrung der Lampyriden kein Humus, sondern Schnecken, so daß von einem Zellulosezerfall, der Bedingung zur Entstehung der Humussäure bzw. des Humaldehyd wäre, nicht gesprochen werden kann, höchstens von einem Eiweißzerfall, ferner ist das Licht der Lampyriden ein fast kaltes Licht ohne Wärmestrahlen. Der hypothetische Leuchtstoff kann nur im Leben in den Zellen ergänzt werden, einmal gebildet aber, wie erwähnt, nach dem Tode auch auf chemischem Wege unter Lichterscheinung zersetzt werden. Eine Ausscheidung des Leuchtstoffes nach außen findet, da die Leuchtorgane bei Käfern keine Ausführungsgänge haben, nicht statt. Welche Bedeutung den beim Leuchtvorgang gebildeten Endprodukten im Stoffwechsel zukommt, ebenso die biologische Bedeutung des Leuchtens, auf die ich später noch einmal zurückkomme, ist unbekannt, so daß wir unsere Betrachtungen mit den Worten von Marshall schließen können:

„Vieles, lieber Freund und getreuer Nachbar, ist uns an dem Leuchten der Tiere noch dunkel!“

Eine neue Eucnemiden-Gattung von den Philippinen.

Von Dr. K. M. Heller, Dresder.

(Mit 2 Figuren im Texte.)

Langurioscython gen. nov.

A genere Scython Casteln. differt: corpore supra nitido, parce piloso; fronte convexiore, foraminibus antenniferis plus apertis, epistomo parte apicali subinclinato, margine antico truncato; antennis breviusculis, clava notabili, magna, triarticulata, compressa (fere ut in *Erotylidis*) instructis; prothorace sulco marginali antrorsum evanescenti, suturis prosternalibus antrorsum minus convergentibus; elytris haud striatis; tarsis tenuioribus, simplicibus.

Obwohl die neue Gattung in den meisten wesentlichen Punkten mit *Scython* übereinstimmt, so entfernt sie sich durch die Fühlerbildung nicht nur von diesem, sondern von allen bisher bekannten Eucnemiden in sehr auffallender Weise. Die Fühler dieser sind zwar sehr vielgestaltig, aber die Bildung der erwähnten dreigliederigen, kompressen Keule, die täuschend der von *Erotyliden* ähnelt, ist bei ihnen bisher noch nicht beobachtet worden und rechtfertigt allein schon die Errichtung einer besonderen Gattung. Neben der Fühlerbildung sind als Gattungsunterschiede zu erwähnen: die glänzende, nur spärlich und fein behaarte Oberseite, die nicht gestreiften Decken, die weit vor-

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Entomologische Blätter](#)

Jahr/Year: 1917

Band/Volume: [13](#)

Autor(en)/Author(s): Weber Ludwig

Artikel/Article: [Die Lebenserscheinungen der Käfer. 143-161](#)