6. Ridley (Über *Oecophylla*). Journ. Straits Branch Roy. Asiat. Soc. Singapore 1890, p. 345.
7. Saville-Kent, W., The Naturalist in Australia. London 1897.
8. Wasmann, E., Beobachtungen über *Polyrhachis dives* auf Java, die ihre Larven zum Spinnen der Nester benutzt. Notes from the Leyden Museum, 1905, XXV, pp. 133—140.
9. Wheeler, W. M., Ants their Structure, Development and Behavior, New York 1910.

Sperrtriebe am Käferthorax.

Von Privatdozent Dr. F. Stellwaag, Erlangen.

(Mit 9 Figuren.)

Eingehende Untersuchungen über Sperrtriebe am Tierkörper verdanken wir besonders Thilo (2), der, angeregt durch die Studien von Reuleaux (3), mit einer großen Zahl derartiger tierischer Mechanismen bekannt gemacht hat. Er hat auch das Gesetz formuliert: „Überall dort, wo es erforderlich ist, einen Körperteil dauernd in ein und derselben Stellung zu erhalten, findet man diese Arbeit den Muskeln durch Sperrvorrichtungen abgenommen oder erleichtert.“ Sperrtriebe aus starren Elementen kommen besonders bei Arthropoden und unter diesen wieder bei Käfern vor, da deren Skelett außerordentlich kräftig chitinisiert ist. Schon Reuleaux hat zur Erläuterung derartiger Vorrichtungen fast ausschließlich Beispiele aus der Ordnung der Käfer herangezogen. Im folgenden möchte ich auf bisher unbeachtete wichtige Gesperre des Käferthorax hinweisen.

Vor kurzer Zeit hat Thilo (2c) die Mechanik des Emporschnellens bei den Elateriden genauer studiert und einen Brustdorn am Prothorax von *Dytiscus marginalis* L. erwähnt, den der Käfer gegen ein flaches Grübchen am zweiten Brustring stützt. Er dient dazu, den ersten und zweiten Ring fester aneinander zu schließen und und die Intersegmentalmembran zu schützen.

Dieser Brustdorn stellt das kaudal verlängerte Prosternum vor, das sich nach hinten verdickt. Ein Querschnitt durch den hinteren Abschnitt gleicht ungefähr einem Prisma, dessen Seitenflächen an bestimmter Stelle durch eine seichte Grube jederseits etwas eingebuchtet sind. Das frei hervorragende Ende des Fortsatzes passt in eine Längskerbe an der Ventralseite des zweiten und dritten Thoraxsegmentes und lässt sich in ihr zwangsläufig hin- und herschieben. Vorn konvergieren die Seiten der Rinne und springen gegen die Lichtung ein wenig ein. Dadurch passen sie ziemlich genau in die Grübchen des Fortsatzes. Die Verhältnisse werden stark schematisiert durch beifolgende Zeichnung (Fig. 1) wiedergegeben.

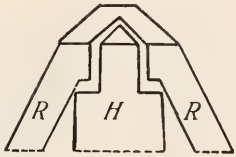
Der Fortsatz (*H*) vermag wohl leicht in der Kerbe nach hinten zu gleiten, dagegen wird er bei der Bewegung nach vorn durch

die vorspringenden Kanten der Rinne festgehalten und es kommt so durch die Vereinigung des Dornes mit der Kerbe eine innige Verbindung zwischen Pro- und Mesothorax zustande.

Der Anschluss der beiden Segmente wird durch ein zweites Gesperre an der Dorsalseite verstärkt. Das Protergum, das sich ein Stück weit in das Innere des Segmentes umschlägt, besitzt unterhalb seiner hinteren Kante eine ihr parallel gerichtete kammartige Leiste. Ihr entspricht ein Einschnitt, der quer über das Schildchen und die Vorderenden der Elytren läuft. Beide Teile passen mit kongruenten Flächen aufeinander, der sperrende Teil ist die Leiste, der gesperrte das Schildchen und seine Nachbarschaft. Wir haben es also auch hier mit einer Zugklinke oder einem laufenden Gesperre zu tun.

Figur 1.

Schematische Darstellung des Hakenfortsatzes von *Dytiscus marginalis* L. in der Kerbe des Meso- und Metasternum. — *H* Hakenfortsatz. — *R* Ränder der Kerbe.



Durch den dorsalen und ventralen Mechanismus werden die beiden Brustringe fest zusammengehalten. Die Intersegmentalmembran und besonders das erste Stigma, das niemals unter Wasser funktioniert, erhält dadurch den denkbar besten Schutz. Die wichtigste Bedeutung der Gesperre besteht aber wohl darin, dass Pro- und Mesonotum eine ununterbrochene glatte Oberfläche bilden, über die das Wasser ohne merklichen Widerstand fließt, wenn der Käfer schwimmt. Da auch der Kopf in den Prothorax hineingezogen wird, erhält der Körper diejenige elliptische Gestalt, die bei einer Bewegung das Auftreten hemmender Wirbelströme am besten verhindert.

Auch die Vorwärtsbewegung in der Luft geht mit Hilfe von Gesperren vor sich.

An der Basis der Elytren liegen zwei Gesperre dicht nebeneinander. Wenn der Käfer den Deckflügel aus seiner Ruhelage horizontal nach vorn bringt, wird er in bestimmter Lage fixiert, ein Vorgang, den man jederzeit an frisch getöteten Käfern nachahmen kann. Das Gesperre ist an der Achsel des Deckflügels angebracht, also in einem Bezirk, der in mehrere minutiöse Elemente zerteilt ist, um dem Flügel mannigfache Bewegungen in horizontaler und vertikaler Richtung zu ermöglichen. In Figur 2 habe ich die allgemeine Situation der Elytrenachsel von der Dorsalseite dargestellt und durch einen Pfeil die Stelle bezeichnet, wo sich die Gesperre befinden. An ihrem Aufbau sind verschiedene Elemente beteiligt. Den einen Teil bilden zwei Apophysen der Achsel, die Medialapophyse (Figur 2 u. 3 *Am*) und die Lateralapophyse (*Al*),

die durch eine Kerbe voneinander getrennt sind. Medial schließen sich an sie zwei Achselplättchen (*Ach I*, *Ach II*), die den Übergang zum Schildchen vermitteln, auf dessen lateraler Kante sie sitzen. Das erste (*Ach I*) hat die Form eines Hakens, dessen Kopf nach oben stark gekrümmt ist. Bei geschlossenen Elytren sind die Apophysen ziemlich weit von ihm entfernt. Dagegen ist das zweite Achselstück (*Ach II*) durch ein schmales elastisches Band stets mit der Medialapophyse (*Am*) verbunden. Wie eine Türe durch ihre Angeln um den Türpfosten bewegt wird, so rotiert die mediale Apophyse und mit ihm der Deckflügel um das zweite Achselplättchen (*Ach II*). Bei der Drehung des Deckflügels aus

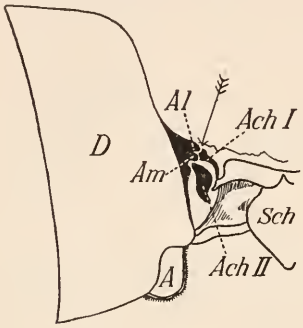


Fig. 2.

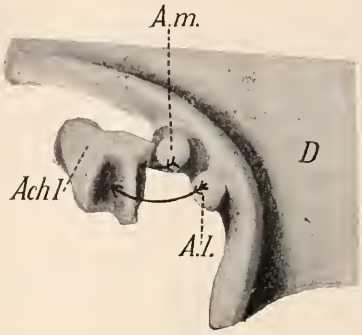


Fig. 3.

Figur 2. Achsel des linken Deckflügels von *Dytiscus marg.* L. in der Dorsalansicht. V = 5 : 1. — *A* Alula. — *Ach I* Achselstück I. — *Ach II* Achselstück II. — *Al* Lateralapophyse. — *Am* Medialapophyse. — *D* Fläche des Deckflügels. — *Sch* Schildchen.

Figur 3. Achselstück I und die Basis des Deckflügels von *Dytiscus* (Modell). Ansicht von vorn. — Die Pfeile geben die Bewegungsrichtung des Deckflügels an. — *Ach I* Achselstück I. — *Al* Lateralapophyse. — *Am* Medialapophyse. — *D* Deckflügel.

der Ruhelage nach vorn schiebt sich die Medialapophyse (*Am*) in den Spaltraum zwischen die Enden der beiden Plättchen und schnappt in diese Kerbe ein. Der dadurch hergestellte sichere Zusammenschluss von Apophysen und Achselplättchen, d. h. des Deckflügels mit dem Schildchen wird verstärkt durch das benachbarte Gesperre. Um seine Form und die Art des Zusammenschlusses der Teile festzustellen, habe ich ein naturgetreues Modell hergestellt (Figur 3), das die Apophysen und das Achselstück I in dem Augenblick darstellt, wo das Gesperre noch nicht geschlossen ist.

Das erste Achselstück besitzt an seinem Kopfe zwei Gruben, die genau über die Enden der Apophysen passen. Doch ist dies nicht in jeder Stellung der Fall. Die beiden Komponenten schließen nur dann genau aufeinander, wenn der horizontal vorgezogene Deckflügel ein wenig aufwärts steigt.

Die beiden Elytrengesperre bewirken, dass der Deckflügel schief nach hinten und oben absteht, wobei er so gedreht ist, dass ein Teil der Unterfläche bei der Betrachtung des Käfers von vorn zu sehen ist. Daraus folgt, dass die Elytren während des Fluges keine nennenswerten Schläge machen können; ihre Fibrierbewegungen sind zum größten Teil auf den Einfluss des Metathorax und der Hinterflügel zurückzuführen.

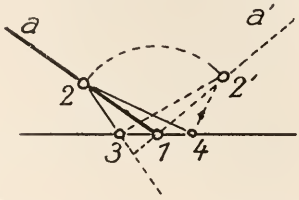


Fig. 4. Kopie der Figur 657 von Reuleaux. Erklärung im Text.

Die exakte anatomische Untersuchung der Gesperre lehrt ganz andere Verhältnisse kennen, als sie Reuleaux für das Elytrengelenk angenommen hatte. Er sagt: Ein drittes Gesperre hält die Flügeldecken ausgespannt, ohne dass eine Muskelanstrengung dazu erforderlich ist. Hier ist ein kraftschlüssiges Bandgesperre benutzt . . . In der schematischen Figur (Figur 4) ist *a* die Flügeldecke und sind *2*, *3* und *2*, *4* elastische Bänder. Bei der Lage

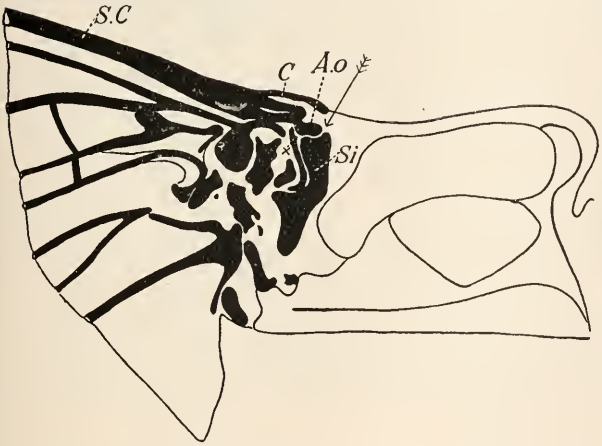


Fig. 5.

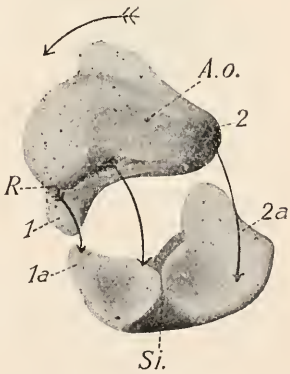


Fig. 6.

Figur 5. Dorsale Ansicht der Hinterflügelwurzel von *Dytiscus*. V = 5 : 1. — *Ao* obere Apophyse. — *C* Costa. — *SC* Subcosta. — *Si* Sigmoid. — *x* federnde Spange des Sigmoides. — Der Pfeil weist auf die Lage des Gesperres hin.

Figur 6. Modell des Fluggesperres von *Dytiscus*. Ansicht von vorn. — Die Pfeile geben die Bewegungsrichtung an. — *Ao* Obere Apophyse. — *R* Rinne. — *Si* Sigmoid. — *1* Fortsatz 1 der oberen Apophyse. — *2* Fortsatz 2 der oberen Apophyse. — *1a* Fortsatz 1a des Sigmoides. — *2a* Fortsatz 2a des Sigmoides.

1, *3*, *2*, *4* ist der Hebelarm der Anspannung *2*, *3* so viel größer als derjenige der Anpassung *2*, *4*, dass die Flügeldecke in der Lage *1*, *a* erhalten wird. Das Umgekehrte gilt bei der Lage *1*, *a*.

Auch der Hinterflügel besitzt an seiner Wurzel ein ähnliches Gesperre. Es befindet sich zwischen dem Ende der Subcostalader

oder der oberen Apophyse (Figur 5 *Ao*) und dem *S*-förmig gebogenen Sigmoidplättchen (Figur 5 *Si*). Beide stoßen mit ihren Enden aneinander und zeigen an diesen Stellen eine komplizierte Oberfläche. Die obere Apophyse ist knollenförmig und teilt sich in zwei kurze Erhebungen. Über der ersten verläuft eine Rinne (Figur 6 *R*), die nach der zweiten zu verstreicht. Der Kopf des Sigmoides hat in der Aufsicht die Gestalt eines Hufeisens, dessen Mittelstück sehr kräftig ausgebildet ist. Dieser Teil besitzt zwei napfartige Vertiefungen nebeneinander. Die Figur 6 stellt das Gesperre geöffnet dar. Wird es durch die Bewegung der Subcosta geschlossen, so findet zunächst eine schwache Rotation der Subcosta in der durch einen Pfeil angedeuteten queren Richtung statt, wodurch der Fortsatz *1* unter *1 a* zu liegen kommt, während der Fortsatz *2* sich über *2 a* legt. Nach dieser Kreuzung schiebt sich der Fortsatz *2* mit der oberen Apophyse in die Vertiefungen des Sigmoides und schnappt in dieser Stellung ein. Beim Schluss des Gesperres wirkt ein spangenartiger Teil des Sigmoides (Figur 5 x) gewissermaßen als Feder, indem er auf den Kopf der Subcosta drückt, gleich dem Achselstück *II* am Gesperre des Deckflügels.

Der hier geschilderte Mechanismus ist außerordentlich wichtig für den Käfer, denn durch ihn werden die Ausschläge des Flügels erst ermöglicht. Die erwähnte Rotation des Flügels aus der Ruhelage nach vorn, die durch Muskelkraft erfolgt, glättet die querläufige Falte der Flügelfläche (die Käfer falten bekanntlich ihre großen Hinterflügel unter den Elytren) und vermittelt den Schluss des Fluggesperres. Ist die obere Apophyse in das Sigmoid eingeschnappt, dann wird ohne Muskelkraft die ausgebreitete Fläche gespannt gehalten und alle Bewegungen des Metatergum werden auf den Flügel übertragen. Von der enormen Leistung des minutiösen Mechanismus bekommt man einen Begriff, wenn man die Zahl der Flügelschläge, das Gewicht des Körpers und die Schnelligkeit des Fluges in Betracht zieht.

An der Unterseite der Flügelwurzel ist ein Gesperre vorhanden, das den Flügel in der Ruhelage vollkommen fixiert. Die Costa hat in der Gegend der Wurzel die Gestalt einer oblongen Platte und ist längs der einen Kante mit der Subcosta verschmolzen. Die Platte liegt aber nicht in der gleichen Fläche, wie die ebenfalls breit entwickelte Subcosta, sondern biegt sich gegen diese ab, wie man ein Blatt Papier umknicken kann (Figur 8 *C* u. *Sc*). Wie aus den Figuren 7 und 8 ersichtlich, springt die Costa außerdem als kräftiger Sporn frei über die Subcosta vor. Diese endet mit einem rundlichen, beim Tier durch seinen Glanz auffallenden Knopf, den ich in Anlehnung an Amans (1) als untere Apophyse bezeichne (Figur 7 und 8 *Ap u*). Die Innenseite der vereinigten Adern Costa und Subcosta entspricht in ihrer Plastik der Oberfläche des Sperr-

höckers (*Sph*). Dieser stellt das obere Ende eines Stabes dar, der sich nach dem Inneren des Metathorax zu hinter dem Episternum als Insertionsstelle des Musculus extensor alae anterior napfartig erweitert. Er hat die Form eines Halbringes, dessen mittlere Partie sich zu einem vorspringenden Gesimse erweitert. Dicht neben dem Sperrhöcker läuft ein kräftiger säulenartiger Fortsatz des Epimeron, der Pleuralgelenkkopf (Fig. 7 *Plk*), dessen Endabschnitt bei den Flügelbewegungen als Stützpunkt funktioniert. Die stabartige Verlängerung des Sperrhöckers gelenkt mit dem Pleuralkopf durch ein schmales Ligament, das schwach spiralig zwischen beiden verläuft. Die Kon-

Fig. 7.

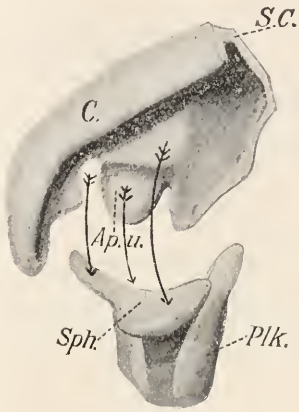


Fig. 8.

Figur 7. Aufsicht auf die Unterseite der Flügelwurzel von *Dytiscus*. Der Flügel ist der Klarheit halber unnatürlich hochgehoben. V = 5 : 1. — *Ap* Untere Apophyse. — *C* Costa. — *Es* Episternum. — *Plk* Pleuralgelenkkopf. — *Sph* Sperrhöcker.

Figur 8. Modell des Fluggesperres an der ventralen Seite der Flügelwurzel von *Dytiscus*. — Die Pfeile sollen die Bewegungsrichtung verdeutlichen. — *Ap* Untere Eapophyse. — *C* Costa. — *Plk* Pleuralgelenkkopf. — *Sph* Sperrhöcker.

traktion des Muskels bewirkt eine Drehung des Sperrhöckers um den Pleuralgelenkkopf. Bei geschlossenem Gesperre liegt der orale Ast des Sperrhöckers genau in dem Spalt zwischen Costa und unterer Apophyse, während das Gesimse von dem Teil des Subcosta darüber bedeckt wird. Die untere Apophyse greift hinter das Gesimse, so dass die Kerbe, die sie von der Subcosta trennt, gerade auf die innere Gesimskante zu liegen kommt, und wie Nut und Feder in diese eingreift. Ein Querschnitt durch den geschlossenen Mechanismus zeigt die Beziehungen der Teile noch besser als die Aufsicht auf die kongruenten Flächen (Figur 9).

Man erkennt, dass Costa (*Co*), Subcosta (*Sco*) und untere Apophyse (*Ap u*) den Sperrhöcker (*Sph*) völlig umfassen, und es

scheint nach dem Querschnitt geradezu unmöglich, dass sich das Gesperre lösen lässt. Damit die untere Apophyse frei werden kann, ist es notwendig, dass der Sperrhöcker durch den Zug des Extensor um den Pleuralgelenkkopf rotiert, so dass der vordere Sporn sich nach innen neigt. Dadurch bekommt der Kopf einen beschränkten Spielraum und zieht die Costa nach unten und abwärts. Infolgedessen springt der Knopf auf das Gesimse des Sperrhöckers. Kurz

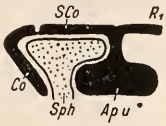


Fig. 9. Schematischer Querschnitt durch Costa (*Co*), Subcosta (*Sco*), Radius (R_1), Sperrhöcker (*Sph*), und untere Apophyse (*Ap u*).

nachdem dieses Gesperre geöffnet ist, wird das oben besprochene Fluggesperre geschlossen und bringt den Flügel in mechanische Abhängigkeit vom Metatergum.

Außer den hier mitgeteilten Gesperren konnte ich noch eine Reihe anderer feststellen, die allerdings nicht die gleiche wichtige funktionelle Bedeutung besitzen. Sie sind zum Teil noch minutiöser und dienen im wesentlichen dazu, den Deckflügel mit dem Thorax zu verbinden. Ihre Zahl schwankt zwischen 10 und 15, je nach dem Grad der Spezialisierung der Familie.

Literaturverzeichnis.

1. Amans, Comparaisons des organes du vol dans la série animale. Annales des scienc. natur. Zool. VI. série. Tome XIX. 1885.
2. Thilo, O., a) Sperrvorrichtungen im Tierreich. Biolog. Centralblatt 1899, Bd. 19.
   b) Ergänzungen zu meiner Abhandlung: Sperrvorrichtungen im Tierreich. Biolog. Centralblatt 1900, Bd. 20.
   c) Das Schnellen der Springkäfer (*Elateriden*) erläutert an einem springenden Modell. Biolog. Centralblatt 1914, Bd. 34.
3. Reuleaux, Lehrbuch der theoretischen Kinematik. Bd. 1 u. 2, 1875 u. 1900.
4. Stellwaag, Der Flugapparat der Lamellicornier. Zeitschr. f. wissenschaftl. Zoologie 1914, Bd. 108.

Ein Beitrag zur Helligkeits- und Farbenanpassung bei Fischen.

Von O. Haempel und W. Kolmer.
(Aus dem physiologischen Institut der k. k. Hochschule für Bodenkultur in Wien.)

Angeregt durch die zwischen v. Hess und v. Frisch schwebende Streitfrage über die Anpassung der Fische an die Farbe ihrer Umgebung, haben wir versucht an einem größeren Material von Fischen uns ein Urteil über diese Vorgänge zu bilden. Als Versuchstiere dienten uns, wie den beiden genannten Forschern, Pfrillen (*Phoxinus laevis* Ag.) und außerdem Koppen (*Cottus gobio* L.), an welch letz-

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Biologisches Zentralblatt

Jahr/Year: 1914

Band/Volume: 34

Autor(en)/Author(s): Stellwaag F.

Artikel/Article: Sperrtriebe am Käferthorax. 444-450