

Eidechsen die grüne Farbe durch das Strukturblau der Guanophoren und das darüber gelagerte Lipochromgelb erzeugt wird. Unter diesen beiden Schichten befinden sich noch die sogen. Melanophoren, die aber am Zustandekommen des Grüns nicht beteiligt sind. Sie erzeugen die schwarze Zeichnung der Oberseite, indem an diesen Stellen die Guanophoren und das Lipochromgelb durch die Melanophoren gänzlich verdrängt werden. Bei den blauschwarzen Faraglioni-echsen scheint in erster Linie der Lipochromfarbstoff zu fehlen, so dass an der Färbung nur die Guanophoren und die Melanophoren beteiligt sind.

2. Es liegt mir natürlich fern, meine Hypothese über den Melanismus als Urfarbe der Lacertiden auch auf andere Tiere beziehen zu wollen. So sind wir z. B. ziemlich sicher, dass der Melanismus bei gewissen Säugetieren (Nagetieren) als durchaus sekundär aufzufassen ist.

Der Verfasser.

Das Springen der Schnellkäfer, physikalisch betrachtet.

Von Oskar Prochnow in Berlin-Lichterfelde.

(Mit 4 Figuren.)

I.

Die Eigenbewegungen der Tiere und Maschinen.

Alle Eigenbewegungen der Tiere und Maschinen sind Bewegungen durch Rückstoß und können in zwei Gruppen eingeteilt werden:

1. in Bewegungen durch Rückstoß mit Beanspruchung des umgebenden Mediums oder in Bewegungen durch Abstoßen von dem umgebenden Medium,
2. in Bewegungen des ganzen Körpers infolge von beschleunigten oder gehemmten Bewegungen einzelner Teile des Körpers oder in Bewegungen durch Selbstrückstoß.

Zu der ersten Gruppe von Bewegungen gehören das „Schlagen“ eines Gewehrs beim Abfeuern, die Bewegung der Turbinen, das aktive Schwimmen der Lebewesen im Wasser sowie der Flug der Vögel, alle Bewegungen der auf Rädern laufenden Maschinen und schließlich unser Gehen, Laufen und Springen, — zu der zweiten Gruppe von Bewegungen gehören viele Regulierbewegungen bei lebhaften Bewegungen, unsere Hilfsbewegungen der Arme beim Springen, alle Rückdrehbewegungen des Ganzen, wenn ein Teil beschleunigt oder gehemmt wird in einer Drehung. Hierzu gehört auch die Drehbewegung beim Sprung der Elateriden, unserer Schnellkäfer, wie ich im folgenden beweisen werde.

Diese Gruppen von Eigenbewegungen mögen durch Beispiele näher beschrieben werden:

1. Wie ist es möglich, dass wir gehen? — Allgemeiner: Welches sind die physikalischen Gründe, dass sich ein Körper durch eine in seinem Innern er-

zeugte Kraft relativ zu einem andern fortbewegt? Wenn wir sagen, wir kontrahieren die Muskeln auf der Streckseite eines Beines, so dass es gehoben wird, verlegen dadurch den Schwerpunkt des ganzen Körpers etwas nach vorn, lassen den Körper auf dieses Bein fallen, dann das andere durch die Gleichgewichtslage hindurch nach vorn pendeln u. s. w., so haben wir dadurch die aufgeworfene Frage nicht physikalisch beantwortet.

Auf die Bedingungen eines Ereignisses werden wir am ehesten aufmerksam, wenn wir feststellen, wann es nicht eintritt. Ich frage daher: Unter welchen Bedingungen können wir nicht oder doch nur sehr schwer gehen. Im Sande — wird man sagen. Der Grund dafür ist der, dass wir uns dort nicht so leicht von der Erde abstoßen können. Denn zu jeder Bewegung eines Körpers durch eigene Kraft relativ zu einer Unterlage ist eine träge Masse nötig, die durch ihren Trägheitswiderstand dem sich bewegendem Körper einen Stützpunkt bietet, von dem er sich abstoßen kann. Es ist — kinetisch betrachtet — beim Gehen des Menschen nicht anders als beim Abfeuern einer Kanone: wie die Pulverladung auf Geschoss und Geschütz einwirkt und die leichtere Kugel weit nach vorn, das schwerere Geschütz ein wenig nach hinten wirft, so wirkt die „Muskelentladung“ auf den Körper des Lebewesens wie auf die Erde ein, indem sie beide auseinander treibt, das Lebewesen um Schrittlänge nach vorn und die „unendlich“ viel schwerere Erde — ich rechnete einmal aus, dass die Erde $10^{23} = 100000$ Trillionen mal so viel wiegt wie ein erwachsener Mensch — um einen unmessbar kleinen Betrag zurück.

Eine andere Bedingung des Gehens ist die Reibung zwischen unserer Stützfläche und dem Boden; denn ohne Reibung können wir den Trägheitswiderstand der Erde nicht hervorrufen, so dass wir uns nicht von ihr — oder eigentlich sie von uns — abstoßen können.

Es ist also beim Gehen wie beim Schwimmen, Fliegen u. s. w. derselbe Vorgang:

Das Tier, das sich fortbewegen will, drückt mit Teilen seines Körpers gegen die Unterlage, die Luft, das Wasser, den Erdboden. Dadurch wird der Trägheitswiderstand des Mediums hervorgerufen, das sich nicht ohne Rückwirkung auf das Tier aus der Ruhelage herausbringen lässt. Darauf aber gerade ist es abgesehen; denn der Rückstoß des Mediums ist es, der die Richtung hat, nach der „sich“ das Tier bewegen will; er ist es, der das Tier während der ganzen Dauer des Stoßes entgegen seinen Bewegungen dorthin treibt, wohin es will.

Alle Eigenbewegungen relativ zu einer Unterlage erfolgen also nach dem Prinzip von Aktion und Reaktion; das Tier führt eine Aktion aus und nutzt die dadurch hervorgerufene Reaktion.

2. Welchen Nutzen haben unsere Armbewegungen beim Springen? — Beim Schlussprung in die Höhe schleudern wir die Arme im Augenblick des Absprungs ruckartig nach vorn und besonders nach oben und hemmen die Armbewegung möglichst plötzlich während des Sprunges selbst. Während des Absprunges wird dadurch der Druck auf die Unterlage, z. B. das Sprungbrett, verstärkt, also auch der nutzbare Gegendruck der Unterlage auf den Körper. Während des Sprunges selbst wirkt die Hemmung der Armbewegung in demselben Sinne fördernd auf den Springer. Von der Tatsache dieses Antriebes überzeugt man sich leicht, wenn man, auf einem Stuhle sitzend, folgende Armbewegung ausführt: die Arme ungefähr gleichmäßig beschleunigt hebt und sie dann möglichst kräftig anhält; man wird an der Druckverminderung auf das Gesäß merken, dass dieses Bremsen der Bewegung des einen Körperteils den ganzen Körper nach oben treibt. Diese Wirkung erklärt sich auch durch den Rückstoß. Beschleunigen wir die Armbewegung, so wird auf den Körper eine entgegengesetzte Beschleunigung ausgeübt. So macht sich bei jeder Bewegung eines für diese Betrachtung vom umgebenden Medium unabhängigen Körpers eine entsprechende Gegenbewegung geltend. Es ist wie in dem obigen Beispiel vom Gehen auf der Erde: an die Stelle des die Erde durch seine Fußtritte von sich wegdrehenden Menschen ist der Arm getreten, an

die Stelle der Erde und des Menschen auf ihr der Mensch allein. Wenn der Mensch sich durch seine einzelnen stoßartigen Fußtritte von der Erde abstößt, so dreht er sie in entgegengesetzter Richtung zu der, in der er sich bewegt; hemmt er dagegen plötzlich seinen Lauf, etwa dadurch, dass er den Fuß in den Boden einstemmt, so übt er damit ein dem ersten entgegengesetztes Drehmoment auf die Erde aus, dessen Wirkung also mit der Bewegung des Läufers vor dem Hemmen des Laufs gleiche Richtung hat. Wie also jede Beschleunigung eines Körperteils dem ganzen Körper eine dieser Beschleunigung entgegengesetzt gerichtete Beschleunigung erteilt, so erteilt jede Hemmung einer Eigenbewegung eines Körperteils dem ganzen Körper eine Beschleunigung in Richtung der Eigenbewegung des bewegten Körperteils. Ich bezeichnete derartige Bewegungen oben als Bewegungen durch Selbstrückstoß.

Um solche Bewegungen handelt es sich auch, wenn man in den dafür geeigneten Spreewaldkähnen hin und her läuft oder sich in den Knien hin und her wiegt oder in einem Rollsitzboot auf der Rollbahn hin und her fährt. Wenn man dabei die Beschleunigungen passend einrichtet, so kann man dem Kahn oder Boot — strömungsloses Wasser und Windstille vorausgesetzt — leicht eine dauernd fortschreitende Bewegung nach der Seite des wirksameren Rückstoßes aufzwingen. Soll z. B. das Boot nach vorn fahren, so ziehe man den Körper, wenn er am Ende der Rollbahn nach der Spitze des Bootes zu angekommen ist, mit großer Kraft zu dem Stembrett heran und bremse diese Bewegung gegen das Ende langsam ab, dann gehe man langsam zurück und bremse diese nach der Spitze des Bootes gerichtete Körperbewegung zum Schluss stark ab.

Auf einen Unterschied der Abstoßbewegungen von den Selbstrückstoßbewegungen soll noch hingewiesen werden: Während bei den Abstoßbewegungen auch konstante Geschwindigkeiten des sich bewegendenden Körpers wirksam sind zur Erzielung von Rückstoßbewegungen, da ja dadurch in der Regel die Teilchen des umgebenden Mediums beschleunigt werden und infolgedessen eine Reaktion ausüben, kommen Selbstrückstoßbewegungen nur durch Geschwindigkeitsänderungen, also durch Beschleunigungen oder Hemmungen zustande.

Ich musste auf diese beiden Arten von Rückstoßbewegungen eingehen, weil die Schnellbewegung der Elateriden aus beiden zusammengesetzt ist.

II.

Kritik der bisher aufgestellten Erklärungen der Schnellbewegung, insbesondere der zuletzt veröffentlichten Erklärung Otto Thilo's (Biolog. Centralblatt, Bd. XXXIV, Nr. 2, S. 150—156).

Soviel ich sehe, behaupten alle Autoren, dass Elateriden, die — was wegen der starken Wölbung der Bauchseite und flachen Wölbung der Rückenseite und der dadurch bedingten Schwerpunktlage in der Nähe der Rückenseite nicht selten geschieht — auf den Rücken gefallen sind, mit ihren kurzen Beinen den Boden nicht berühren, jedenfalls aber sich mit ihrer Hilfe nicht wieder aufrichten könnten, wenn sie in der Schnellbewegung nicht ein Mittel dazu hätten.

Ich habe mehrmals gesehen, dass sie es doch vermögen, allerdings scheint es ihnen mehr Mühe zu machen als das Emporschnellen. Meist versuchen die Käfer dieses Mittel erst, wenn sie sich mehrmals emporgeschneilt und trotzdem — eben der Schwerpunktlage wegen — die normale Lage nicht erreicht haben;

sie helfen dann auch wie andere Käfer durch Spreizen der Elytren nach.

Das Instrument des Käfers für die von einem knipsenden Schall begleitete Schnellbewegung besteht im wesentlichen aus einem Dorn am Hinterrande des Prosternum und einer passenden Grube am Vorderrande des Mesosternum.

H. Landois (1874) erklärt sich das Schnellen folgendermaßen:

„Wenn das Tier auf dem Rücken liegt, biegt es die Vorderbrust rückwärts und bringt so den Dorn derselben aus der Höhle, in der er in der Ruhe belegen ist. Nun krümmt sich der Körper plötzlich nach der Bauchseite und dadurch schießt der Dorn wieder in die Grube und das Insekt stößt dabei mit dem Rücken des Thorax kräftig auf den Boden und wird durch diesen Stoß emporgeschleunigt. Dieses Emporschnellen des Käfers ist mit einem knipsenden Ton verbunden . . . Der Dorn der Vorderbrust ist ziemlich lang und auf der Oberfläche, wie auch an der Spitze ziemlich stark behaart, weswegen der knipsende Ton nicht dadurch hervorgebracht werden kann, dass etwa die Spitze des Dorns auf den Grund der Höhle stieße. Bei größeren Elateren, etwa *Elater oculatus* aus Illinois, sieht man auf der Unterseite des Dornes in einiger Entfernung von der Spitze desselben schon mit freien Augen einen erhabenen glatten Wulst. Dieser wird beim Emporschnellen des Käfers über den erhabenen Vorderrand der Grube gezwängt. Hat der Wulst den Rand passiert, so knipst es . . .“ („Tierstimmen“, S. 105).

R. Hesse (1910) schreibt (in „Tierbau und Tierleben“ I, S. 212):

„. . . Der Käfer stemmt zum Schnellen den Dorn gegen den Vorderrand der Grube und lässt ihn unter starker Anspannung der Streckmuskulatur plötzlich abgleiten, wobei durch das Hineinfahren des Dorns in die Grube der knipsende Ton entsteht. Dabei ergibt sich ein heftiges Zusammenknicken des gebeugten Gelenkes, so dass der vorher konkave Teil der Rückenseite jetzt konvex vorspringt und gegen die Unterlage stößt; durch deren Rückstoß wird der Käfer in die Höhe geschleudert. Da dieser Stoß aber nicht im Schwerpunkt angreift, sondern vor demselben, so wird das Tier in der Luft um die durch den Schwerpunkt gehende Querachse gedreht und kommt mit der Bauchseite nach unten herab.“

Otto Thilo (1914) bemängelt (im Biol. Centralblatt S. 150ff.) an diesen Beschreibungen und Deutungen mit Recht die Ungenauigkeit der Beobachtung und gibt eine andere Erklärung. Er weist zunächst darauf hin, dass die Krümmung des Rückens stets gering ist und insbesondere gering wird, wenn der Käfer seine Vorbereitung zur Schnellbewegung — das Anstemmen des Dornendes gegen den Grubenrand — ausführt. Thilo meint daher, dass der Ausgleich dieser Krümmung nicht ausreichen könne, um den Käfer so hoch zu schleudern, und sagt in den „Ergebnissen“:

„Der Sprungkäfer schleudert sich dadurch in die Höhe, dass er mit seinem Brustdorn gegen den zweiten Brustring schlägt. Der Dorn ist hierbei keine Sperrvorrichtung, sondern dient nur zur Führung und Sicherung der Bewegung.“

Diese Ansicht begründet Thilo nicht durch Versuche, sondern durch teilweise wenig geschickte Vergleiche mit anderen springenden Geräten, einer mit einem Schlagbügel versehenen Mausefalle, die sich durch das Aufschlagen des Bügels auf das eine Ende in der Richtung der Bewegung des Bügels überschlägt, und durch Hinweis auf das Klippholz oder Prellholz, das die Kinder über einen Stein legen und durch einen Schlag auf das eine Ende zum Überschlagen über dieses Ende veranlassen.

Nun sind jedoch die Ursachen des Überschlagens dieser beiden Geräte durchaus nicht dieselben. Das Prellholz der Kinder springt nach dem Gesetz vom zweiarmigen Hebel (Wurfhebel), die Mausefalle und das Klippholz Thilo's, das ja im Prinzip nichts anderes ist als eine Mausefalle — die Maus müsste nur die Zündschnur durchfressen und dann schnell nach dem anderen Ende laufen — springt nach dem oben erläuterten Gesetz vom Selbstrückstoß. Das scheint Thilo übersehen zu haben; sonst würde er wohl nicht in der Wirkung des Schlages auf das eine Ende die Erklärung des Sprunges der Mausefalle und der Elateriden gesehen haben. Ganz haltlos wird aber dieser Erklärungsversuch, wenn man bedenkt, dass, wenn der „Schlag“ auf das eine Ende des doch krummen Rückens der Elateriden die Schnellbewegung auslösen sollte, der Käfer sich in der Richtung über das getroffene Ende hinweg überschlagen müsste, also über den Kopf und nicht, wie Thilo und Hesse angeben, über den Hinterleib.

So war ich denn, als ich Thilo's Arbeit gelesen hatte (mit deren Ergebnissen er in der „Umschau“ einen größeren Leserkreis bekannt machte), davon überzeugt, dass diese fast jedem Kind bekannte Erscheinung bisher noch keineswegs physikalisch einwandfrei erklärt ist und wurde in dieser Ansicht noch dadurch bestärkt, dass sogar die Richtung des Überschlags in den verschiedenen, auf biologische Verhältnisse überhaupt eingehenden Lehrbüchern nicht übereinstimmend angegeben wird: Hesse (a. a. O.) gibt wie Thilo an, dass sich der Käfer über den Hinterleib überschlägt, Schmeil (Lehrbuch der Zoologie, 1912, S. 376), dass die Drehung um das Kopfende erfolgt.

III.

Die Gestalt des Sprungorgans.

Das Sprungorgan variiert in der Familie der Elateriden nicht unbeträchtlich. Übereinstimmend ist jedoch bei allen Arten der Dorn am Hinterrande des Prosternum und die dazu passende Grube am Vorderrande des Mesosternum. Der Dorn (Fig. 1 und 3) er-

scheint, von der Bauchseite aus gesehen, schwach konvex gekrümmt. Er trägt an der Unterseite, etwa um $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{3}$ der Länge von der Spitze entfernt, einen Wulst. Dahinter ist die Unterseite kopfwärts mehr oder minder deutlich gekielt. Die ganze Unterseite

Fig. 1.



Fig. 2.

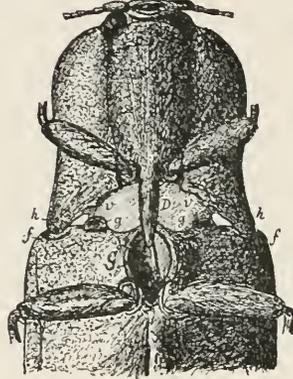


Fig. 3.

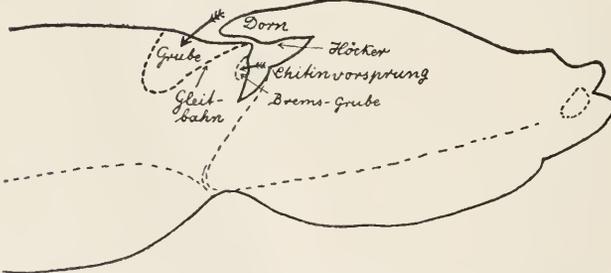


Fig. 1. Schattenriss eines zum Absprung bereiten Schnellkäfers (*Athous rufus* Degeer). Der Wulst des Dorns ist gegen den Rand der Grube gepresst; das Pronotum berührt die Unterstütsungsfläche nicht. Vergr. 4 : 1.

Fig. 2. Vorderer Teil eines Schnellkäfers (*Athous rufus* Degeer), von unten gesehen.

D Dorn, *G* Grube, *v* Vorsprung am Hinterrande des Prosternum, *g* Bremsgrube zur Aufnahme des Vorsprungs *v*, *h* hinterer seitlicher Vorsprung des Hinterrandes des Prosternum, *f* Gelenkfurche zur Aufnahme des Vorsprungs *h*. Vergr. 5 : 1.

Fig. 3. Vorderer Teil eines Schnellkäfers (*Athous rufus* Degeer), von der Seite gesehen. Vergr. 7 : 1.

des Dorns ist unbehaart und sehr glatt, die Spitze und die Oberseite kurz behaart.

Die Grube passt nicht bei allen Arten gleichgut für den Dorn. Ihre Öffnung ist ungefähr oval; hinten ist die Grube am tiefsten. Der Vorderrand springt etwas vor und zeigt in der Mitte einen Ausschnitt. In diesen passt der Kiel der Unterseite des Dorns hinein. Vom Vorderrande der Grube führt eine glatte, ein wenig gekrümmte Gleitbahn in die Tiefe der Grube. Darauf gleitet der Dorn bei der Schnellbewegung abwärts. Neben und unterhalb der Gleitbahn ist die Grube weniger glatt und z. T. schwach behaart.

Das Gelenk für die Drehung des Prothorax wird von den Skeletteilen des Pro- und Mesonotum gebildet. Da der dorsale Einschnitt zwischen Pro- und Mesothorax ziemlich tief ist, so liegt der Drehpunkt nur wenig dorsal von der transversalen Medianebene. Zu diesem Drehgelenk gehören auch die äußeren seitlichen, bei allen Arten mehr oder minder deutlich entwickelten Fortsätze des Prothorax, für die teilweise (z. B. Fig. 2 bei *f*) Gelenkfurchen am Vorderrande des Mesothorax entwickelt sind.

Eine Skeletteigentümlichkeit ist bisher übersehen worden, die für die Wirkung des Sprungorgans von großer Bedeutung ist.

Der Hinterrand des Prosternum springt jederseits vom Dorn (Fig. 2, *D*) etwa in der Mitte zwischen der Medianlinie und dem äußeren Rande jederseits in Gestalt einer Spitze (*r*) oder eines Bogens nach hinten zu vor. Diesem Vorsprunge entspricht am Vorderrande des Mesosternums eine Grube (*g*), in die die Spitze oder der Bogen hineinpasst. Ich habe sie in Fig. 3 als Bremsgrube bezeichnet. Ist der Dorn in die Grube (*G*) hineingedrückt, so greifen auch diese Vorsprünge in ihre Gruben ein.

IV.

Versuche über das Springen der Schnellkäfer.

1. In welcher Weise hängt der Sprung von der Elastizität der Unterlage ab?

Ein und derselbe *Elater sanguineus* L., 16 mm lang, diente für alle Versuche als Versuchstier. Es wurde zunächst die Sprunghöhe gemessen.

a) Auf Glas:	Sprunghöhe:
1. Versuch	7 cm
2. „	8 „
3. „	9 „
b) Auf einer Aluminiumschachtel von 1 mm Wandstärke und 9 cm Durchmesser:	
1. Versuch	9 „
2. „	11 „
3. „	11 „

c) Auf einer Pappschachtel von $1\frac{1}{2}$ mm Wandstärke, Größe 14×19 cm:

1. Versuch	9	„
2. „	12	„
3. „	11	„

d) Auf einem zusammengefalteten Taschentuche:

1. Versuch	1	„
2. „	1	„
3. „	1	„

} Am folgenden Tage richtete sich der Käfer auf dieser Unterlage in zwei von drei Fällen mit den Beinen auf.

e) Auf trockenem, feinem Sande:

Sprunghöhe:

1. Versuch	$1\frac{1}{2}$ cm
2. „	1 „
3. „	1 „

f) Auf Watte:

1. Versuch	0	„
2. „	0	„
3. „	0	„

} Der Käfer richtet sich mit Hilfe seiner Beine auf.

g) Auf derselben Pappschachtel wie oben (c):

1. Versuch	10	„
2. „	12	„
3. „	11	„

Alle Versuche wurden kurz hintereinander angestellt, der letzte Versuch zu dem Zwecke, um festzustellen, ob der Käfer schon ermüdet war. Eine Kontrollversuchsreihe am folgenden Tage zeigt bei anderer Anordnung der Versuche die gleichen oder nur ganz wenig davon abweichende Sprungleistungen.

Wie zu erwarten war, zeigte sich eine direkte Abhängigkeit von dem Widerstand der Unterlage: der Sprung ist höher, wenn die Unterlage aus nicht nachgebenden Teilen besteht, insbesondere, wenn die Unterlage federt.

Die Sprungleistungen sind allerdings auf der Pappschachtel nur wenig höher als z. B. auf Glas. Am zweiten Versuchstage tritt dies noch deutlicher hervor.

Da ergab sich auf Pappe, Aluminium Glas die Reihe der Sprunghöhen 10, 12, 10; 10, 11, 11; 10, 10, 11 (cm).

Den Haupteinfluss scheint daher die Elastizität des Chitins zu haben.

2. Stößt sich der Käfer mit Prothorax und Elytren von der Unterlage ab?

Wenn ein Schnellkäfer in der Rückenlage ist, berührt er mit dem Pronotum die Unterlage im allgemeinen nicht (Fig. 1). Ob dies beim Sprunge geschieht, untersuchte ich durch folgende zwei Versuchsanordnungen.

Ich legte den Käfer mit einer Pinzette rücklings auf eine mit Ruß geschwärzte Glasplatte und ließ ihn springen. Dann haftet der Ruß von allen den Stellen an seinem Körper, die er vor oder beim Sprunge berührt. Auf diese Weise konnte ich nun feststellen, dass eine starke Berührung des Pronotum mit der Unterlage nicht nötig ist (vgl. Fig. 4, *b*).

Fig. 4.

Berührungsstellen ab-springender Elateriden mit einer berußten Glasplatte. (Nat. Gr. Phot.)

Hinten Berührungsstelle der Elytren, davor von Prothorax und Fühlern, seitlich von den Beinen.

a und *b* von *Elater sanguineus* L., *c* und *d* von *Athous niger* Redt. Bei *a* und *d* Berührung mit den Beinen, bei *d* vor dem Sprunge heftige abstoßende Beinbewegung. Bei *c*, besonders aber bei *b* nur ganz schwache Berührung des Prothorax, möglicherweise nur von der Krümmung rückwärts und nicht vom Sprunge herrührend.



Den Beweis, dass eine solche Berührung überhaupt nicht stattzufinden braucht, erbrachte folgender Versuch:

Ich legte den Käfer mit einer Pinzette so auf den Rand einer Glasplatte oder eines Mikroskopierspaltels oder eines etwa 1 cm breiten Blechstreifens, dass nur die Elytren aufliegen, das Pronotum aber über den Rand ganz hinausragt. Der Käfer trachtet zwar, sich durch Drehen oder vorzeitiges Abspringen zu befreien, doch gelingt der Versuch nach einiger Übung, so dass sich der Käfer kurze Zeit vor dem Sprunge in der gewünschten Lage befindet. Es zeigte sich, dass der Käfer auch aus dieser Lage abspringen kann — also ohne dass er das Sprunggelenk zum Abstoßen gebraucht.

3. Nach welcher Richtung überschlägt sich der Käfer?

Die Beantwortung dieser Frage ist für die Erklärung der Sprungbewegung von großer Wichtigkeit.

Die direkte Beobachtung ist sehr schwer, da die Gesamtdauer des Emporschnellens und Niederfallens $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{3}$ Sekunde beträgt. Trotz angespanntester Aufmerksamkeit ist es nicht in allen Fällen möglich, mit Bestimmtheit zu sagen, ob das Überschlagen über den Kopf oder über den Hinterleib erfolgt. In allen Fällen, wo der

Verfasser und die hinzugezogenen Beobachter mit Bestimmtheit sagen konnten, nach welcher Richtung die Drehbewegung erfolgte, lautete das Urteil: über den Hinterleib. Erstaunlich ist, dass der Käfer auch in diesen Fällen sehr häufig nach der Richtung zu niederfällt, wo vorher sein Kopf lag.

Auch bei den Versuchen, wo der Käfer allein mit den Elytren auf einem Blechstreifen auflag, lautete das Urteil in allen Fällen, wo Bestimmtes gesagt werden konnte, dahin, dass die Drehung über die Hinterleibsspitze erfolgte. Trotzdem fiel der Käfer nach der Richtung von seiner Ausgangslage aus nieder, wohin der Kopf zeigte.

Ohne Mühe kann man die Richtung der Drehbewegung feststellen, wenn man den Käfer auf feinem, trockenem Sande seine Sprünge ausführen lässt. Der Käfer kann sich dann nur ganz wenig erheben und die ganze Bewegung ist in den meisten Fällen nichts anderes als eine Drehung des Käfers um die Hinterleibsspitze aus der Rückenlage in die Bauchlage.

Diese Versuche reichen zur Auflösung der Sprungbewegungen hin.

V.

Erklärung des Springens der Schnellkäfer.

Wenn sich der Käfer emporschnellen will, bewegt er den Prothorax so lange auf und ab, bis der glatte Wulst auf der Unterseite des Dorns gegen den Rand der Grube stößt. — Man kann dieses Anpassen in der Regel beobachten. Führt man am toten Käfer dieses Anpassen aus und zwingt dann den Dorn in die Grube, so hört man, wie schon Landois beobachtete, einen knipsenden Ton in dem Augenblick, wo der Wulst über den Rand der Grube gleitet. Es fällt in diesem Augenblick offenbar der gekielte proximale Teil des Dorns auf den gekerbten Rand der Grube. Dann gleitet der Dorn schnell in die Grube hinein. Die Bewegung wird durch das Anschlagen der Vorsprünge des Prosternum-Hinterrandes an die Bremsgruben am Mesosternum-Vorderrande und wohl auch durch das Auftreffen des Dornendes auf den Grund der Grube abgebremst. Dass der Grund der Grube schwächer chitinisiert ist als die Gleitbahn, lässt darauf schließen, dass das Abbremsen der Bewegung an dieser Stelle von untergeordneter Bedeutung ist. Zu Thilo's Darstellung ist hier zu bemerken, dass der Dorn nicht fest in der Grube sitzt wie ein Säbel in seiner Scheide, sondern bei manchen Arten ziemlich großen Spielraum hat. Weiter scheint mir irrtümlich, dass die Haare zur Verminderung der Reibung dienen sollen. Sie vermehren zweifellos die Reibung und finden sich daher nur dort, wo Reibung nicht vorhanden oder bedeutungslos ist, z. B. auf der Oberseite des Dorns, der nicht fest in die Scheide passt.

Die Versuche lassen zunächst darauf schließen, dass drei Bewegungsursachen vorliegen:

1. Der Selbstrückstoß durch Abbremsen der Prothoraxbewegung, der eine Drehung um die Hinterleibsspitze herbeiführt (Versuch auf Sand, vgl. IV),

2. die Stoßwirkung des Abbremsens der Prothoraxbewegung, wodurch der Käfer wie ein Wurfhebel um den Unterstützungspunkt, also über den Kopf gedreht wird (Auffallen kopfwärts),

3. die elastische Gegenkraft des Chitins und der Unterlage (Versuche über die Sprunghöhe).

Zu erörtern bleibt noch, welchen Zweck der Wulst auf der Dornunterseite hat.

Eine Bewegung löst das Hinweggleiten des Wulstes über den Grubenrand wohl nicht aus. Es könnte nur, während der Wulst auf den Grubenrand hinaufgleitet, wenn also seine Bewegung beschleunigt ist, eine Selbstrückstoßbewegung eintreten, die der unter 1. genannten entgegenwirkt; wenn der Wulst jedoch hinabgleitet von dem Grubenrande, müsste eine Stoßwirkung auftreten, die in demselben Sinne wirkt wie die Kraft, die unter 2. genannt ist. Diese Kraft scheint in der Tat nicht unbedeutend zu sein, denn der knipsende Ton, der offenbar von dem Aufprallen des Dorns auf die Gleitbahn herrührt, ist stets deutlich hörbar. Man könnte zwar meinen, dass das Abbremsen der Prothoraxbewegung von dem Geräusch begleitet ist; doch überzeugen Versuche am toten Tiere davon, dass es bereits „knipst“, wenn der Wulst über den Grubenrand hinweggedrückt ist, ehe noch der Vorsprung die Bremsgrube berührt hat.

Die Hauptbedeutung des Dornwulstes suche ich jedoch anderswo. Ich sehe sie darin, dass es dem Käfer so möglich wird, zunächst einen festen Halt zu finden und, wenn der Widerstand dann durch starke Muskelanspannung beseitigt ist, sehr schnell eine große Bewegungsgeschwindigkeit zu erzielen, so dass beim Abbremsen dieser Geschwindigkeit eine große Selbstrückstoßkraft auftritt.

Diese ist nämlich das stets Wirksame, auch wenn die Unterlage für einen hohen Sprung keine Möglichkeit bietet. Die Wurfhebelwirkung ist zweifellos unbedeutender. Denn der Käfer individualisiert den Sprung nicht; er müsste also, wenn die Wurfhebelwirkung stark wirksam wäre, auch auf nachgiebiger Unterlage mehr oder minder senkrecht in die Höhe springen oder auf der Stelle liegen bleiben — indem sich die beiden entgegengesetzten Drehkräfte dann das Gleichgewicht hielten.

Ist die Wurfhebelwirkung auf dieser nachgiebigen Unterlage nicht wirksam, so kann sie doch bei fester Unterlage in Erscheinung treten. Denn die Drehwirkung wird sicher dadurch gehemmt, dass die Unterstützungsstelle dem Druck nachgibt. Dadurch erklärt sich teilweise das mehr oder minder senkrechte Emporschnellen sowie das häufige Auffallen kopfwärts.

Schließlich findet, wie auch die Photographie der Berührungstellen beweist, in manchen Fällen ein Abrollen der Elytren auf der Unterlage statt, so dass dabei auch ein Abstoßen der hinteren Teile der federnden Chitindecken eintritt, das offenbar das Ergebnis hat, dass der Körper einen Antrieb zum Sprung nach der Seite des Kopfes hin bekommt.

Sehr wünschenswert wären gute kinematographische Aufnahmen der Schnellbewegung.

Ergebnisse.

1. Das Sprungorgan besteht erstens aus einer Vorrichtung zur Ermöglichung einer schnellen Drehbewegung des Prothorax und zweitens aus einer Vorrichtung zum Abbremsen der Bewegung.

Zur Erzielung der schnellen Drehbewegung dient der Dorn des Prosternum, dessen an der Unterseite befindlicher Wulst gegen den Rand der Grube vorn am Mesosternum gepresst und dann nach Einsetzen des vollen Muskeldrucks darüber hinweggezängt wird.

Das Abbremsen dieser Bewegung geschieht wohl teilweise durch das Auftreffen des Dorns auf den Grubengrund, vorwiegend aber durch das Anstoßen der seitlichen inneren Vorsprünge des Prosternum-Hinterrandes gegen die Bremsgruben am Mesosternum-Vorderrand.

2. Die Schnellkäfer können auch auf wenig festen Unterlagen ihre Sprünge ausführen, z. B. auf feinem, trockenem Sande. Dann besteht die Schnellbewegung in einer Drehung um das Hinterleibsende. Auf fester Unterlage spielt die Elastizität des Chitins eine größere Rolle als die der Unterlage.

Die Drehung beim Sprunge scheint stets um das Hinterleibsende zu erfolgen, auch dann, wenn der Käfer, was sehr häufig geschieht, kopfwärts von der Absprungsstelle landet.

3. Die Schnellkäfer brauchen beim Absprunge die Unterlage nur mit den Elytren zu berühren. Die Elytren rollen sich dabei bisweilen bis zur ganzen Länge auf der Unterlage ab.

4. Alle bisher aufgestellten Erklärungen der Schnellbewegung sind falsch:

Der Käfer stößt sich nicht mit dem Pronotum und den Elytren ab (z. B. Hesse, Tierbau und Tierleben I, S. 212); er springt ebenso gut, wenn nur die Elytren aufliegen.

Er schleudert sich auch nicht durch die Schlagwirkung auf den Vorderrand des Mesosternums in die Höhe (Thilo, Biol. Centralbl., 1914, S. 150ff.), denn dann müsste die Drehung wegen der Wurfhebelwirkung über den Kopf erfolgen. Die Schlagwirkung ist nur eine Teilursache.

5. Beim Schnellen wirken folgende Bewegungsursachen:

- a) Der Selbstrückstoß infolge der Hemmung der Drehbewegung des Prothorax, der die Drehung über das Ende des Abdomens bedingt,

- b) der Schlag des Dorns auf die Gleitbahn nach dem Hinübergleiten des Wulstes über den Grubenrand und der Bremschlag der mittleren seitlichen Chitinvorsprünge hinten am Prosternum gegen die Bremsgruben vorn am Mesosternum als Ursachen einer Wurfhebeldrehung des Käfers um die Unterstützungsstelle der Elytren als Drehstelle, wodurch die Drehbewegung um das Ende des Abdomens abgeschwächt und der Druck auf die Unterlage verstärkt wird,
- c) die Federkraft des Chitins infolge des Drucks auf die Unterlage und der Abrollung der Elytren auf der Unterstützungsfläche.

Der Selbstrückstoß und die Wurfhebelwirkung wirken einander entgegen und pressen, wenn beide wirksam sind, den Käfer gegen die Unterlage. Auf nachgiebiger Unterlage gibt die Unterstützungsstelle dem Druck nach und die Wurfhebelwirkung kommt nicht zur Geltung. Dann bleibt nur die Drehung des Selbstrückstoßes übrig, die den Käfer über die Spitze des Abdomens dreht. Das Auffallen in der Richtung des Kopfes von der Absprungstelle aus scheint dadurch bedingt zu sein, dass die sich auf der Unterstützungsfläche abrollenden Elytren auf den Käfer abstoßend einwirken. Dass die Drehung anscheinend stets über die Spitze des Abdomens erfolgt, lässt auf die vorherrschende Wirkung des Selbstrückstoßes infolge der Hemmung der Drehbewegung des Prothorax schließen.

War Darwin ein originelles Genie?

Von J. H. F. Kohlbrugge, Utrecht.

Wie dachte Darwin selbst über seine Originalität?

Am schärfsten sprach er sich darüber wohl in den folgenden Worten aus: "I was forestalled¹⁾ in only one important point, which my vanity has always made me regret." Alles andere, was er in seinen Werken in bezug auf die Deszendenztheorie gebracht hatte, war also von ihm entdeckt, von ihm geschaffen worden!

Ähnlich klingen die folgenden Worte, die auf das Ganze zielen: "It has²⁾ some times been said, that the success of the origin proved 'that the subject was in the air', or 'that men's minds were prepared for it'. I do not think this is strictly true, for I occasionally sounded not a few naturalists and never happened to come across a single one, who seemed to doubt about the permanence of species".

1) Bei Erwähnung von Forbes' Erklärung der Arktischen und Hochgebirgs-Fauna und Flora durch die Eisperioden. *Life and letters*. Vol. I, p. 71, New York 1887.

2) Fr. Darwin. *The life and letters of Ch. Darwin*. Vol. 1, p. 71, New York 1887.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Biologisches Zentralblatt](#)

Jahr/Year: 1915

Band/Volume: [35](#)

Autor(en)/Author(s): Prochnow Oskar

Artikel/Article: [Das Springen der Schnellkäfer, physikalisch betrachtet. 81-93](#)