

reizung gleichzeitig Verkürzung der Längsmuskeln und Verschwinden eines deutlich vorhandenen Tonus in den Ringmuskeln.

So einfach diese Erscheinungen beim Regenwurm auch sein mögen, sie setzen individualisierte Leitungsbahnen mit „Weichen“ voraus, die geöffnet und blockiert werden können. Einwirkungen der Zentren auf die Peripherie „en bloc“ sind hier nicht mehr möglich. Damit ist im Prinzip die Einrichtung gegeben, welche wir in viel größerer Kompliziertheit bei den Säugetieren durch Sherrington und Magnus kennen gelernt haben. Ein System ist hierdurch für die höchsten Tiere angenommen worden, bei welchem höhere Differenzierung des Bewegungsapparates eine ungeheure Zunahme der Leitungsbahnen im Zentralnervensystem fordert. So erklärt sich der Reichtum an Fasern, an Bahnen in diesen Zentren, ein Reichtum, der seinerseits wieder die Basis wird für die feine Differenzierung der Leistungen dieses Systems, zumal auch der psychischen Leistungen.

## Die Bedeutung der Elytren der Käfer für den Flug.

Von R. Demoll.

In meiner Schrift „Über den Flug der Insekten und der Vögel“ (Fischer 1918) bin ich hinsichtlich der Bedeutung der Elytren der Käfer zu folgendem Resultat gekommen (Seite 53): „Die Käfer werden demnach durch die Tätigkeit der Elytren lediglich gehoben; die Vorwärtsbewegung wird nur durch die Hinterflügel ermöglicht.“

Zu diesem Ergebnis wurde ich geführt durch die Beobachtung

1. daß die Elytren Flugbewegungen ausführen,
2. daß eine Verkürzung der Vorderflügel eine Zunahme der Fluggeschwindigkeit zur Folge hat, während andererseits eine Verkürzung der Hinterflügel zu einer schnellen Verminderung der horizontalen Fluggeschwindigkeit führt.

In seiner ausführlichen Kritik über diese Arbeit hat Stellwaag betont, daß diese Auffassung nicht möglich sei, in der Hauptsache, weil die anatomischen Befunde eine Beteiligung der Elytren beim Flug als Hebeorgane nicht möglich erscheinen lassen. Er schreibt hierüber in „Die Naturwissenschaften“ 1919, Heft 10, Seite 164: „Es sei gestattet hier nur auf die Frage der Bedeutung der Käferdeckflügel einzugehen, da der Verfasser seine Ansicht von deren Wirksamkeit als echte Flügel noch an anderer Stelle betont hat. (Die Auffassung des Fliegens der Käfer — eine zoologische Irrlehre. im Zool. Anzeiger 1918, S. 285.) Er geht hier noch weiter wie in seinem Buche. »Die Elytren beteiligen sich am Fluge in derselben Weise wie die häutigen Flügel. Mit dieser Ansicht stimmt er nur mit einem einzigen der vielen Autoren überein, die über diese

Frage nachgedacht haben, nämlich mit Chabrier aus dem Jahre 1821, dem die anatomischen Verhältnisse des Käferthorax noch nicht bekannt waren. Aus dem Bau der Flügelachsel, der Größe und Lage der ansetzenden Muskeln, der schwächlichen Beschaffenheit des Mesothorax und dem mechanischen Verhalten der Deckflügel folgt jedoch, daß diese Ansicht nicht haltbar ist. Der Referent hat dies eingehend begründet (Zeitschrift für wissensch. Zoologie 1914, siehe auch Naturw. Wochenschrift 1914, S. 97): Ein wirksamer Flügel muß neben anderen Eigenschaften notwendigerweise einen steifen Vorderrand und eine nachgiebige Fläche besitzen, wenn er den Luftwiderstand wirksam ausnützen soll. Außerdem muß er energische und wirksame Schläge und ganz bestimmte Drehbewegungen ausführen. Aber der Deckflügel stellt eine gleichmäßig dicke, unelastische Platte vor, die nur geringe Ausschläge machen kann und vertikal beweglich ist. Die Analyse des Flugapparates und zahlreiche verschiedenartige Versuche führen zu dem Ergebnis, daß die Elytren weder als wirksame Flügel noch etwa als Tragflächen oder Gewichtssteuer, sondern wohl nur als Stabilisierungsflächen aufzufassen sind. Sie wirken durch ihre Fläche und die bei schneller Fortbewegung des Tieres sekundär erzeugte lebendige Kraft des Luftwiderstandes, die den Körper beim Flug aus der mehr vertikalen Lage in eine mehr horizontale Lage bringt.“

Ich habe nun trotz dieser Einwände von Stellwaag, deren Bedeutung mir schon zuvor bekannt war, da ich seine Arbeit vor Niederschrift meiner Untersuchungen gelesen hatte, mein Augenmerk nicht darauf gerichtet, ob die anatomischen Verhältnisse uns eine Wirksamkeit ohne weiteres verstehen lassen; ich habe weiter darauf verzichtet, in theoretische Betrachtungen mich zu verlieren, ob — wie Stellwaag meint —, ein wirksamer Flügel „notwendigerweise einen steifen Vorderrand und eine nachgiebige Fläche besitzen muß“, sondern ich bin wieder, wie in meiner ersten Arbeit, direkt an das Experiment gegangen, um dieses entscheiden zu lassen, ob zwingendere Beweise, als die, die ich bisher erbracht habe, die Bedeutung der Elytren nach der einen oder anderen Richtung hin außer Frage stellen.

Die ausschlaggebenden, kaum noch Einwände zulassenden Beobachtungen hätte übrigens Stellwaag leicht selbst bei seinen Experimenten machen können, wenn er bei seinen Versuchen mit Maikäfern die Männchen und Weibchen streng miteinander verglichen hätte. Er hatte den hier zu beobachtenden Differenzen ebensowenig Bedeutung zugemessen, wie ich selbst in meiner früheren Untersuchung. Er schreibt zwar zunächst, daß er mit männlichen und weiblichen Tieren gearbeitet hat, gibt aber dann bei Schilderung seiner Experimente nicht mehr an, ob es sich um Weibchen oder Männchen handelte. Auffallend scheint mir an

seinen Beobachtungen, daß er durchweg bei Elytrenverkürzung von einer Verminderung der Fluggeschwindigkeit spricht, während ich stets das Gegenteil finden konnte. Ich habe auch in diesem Jahre wieder mehrere Männchen beobachtet, die auch nach vollständiger Entfernung der Elytren noch zu fliegen vermochten. Zunächst konnte ich durchweg feststellen, daß die Fluggeschwindigkeit bei diesen Tieren weit über die Norm hinausging. Es wurden 4 bis 5 und selbst 6,5 m in der Sekunde erreicht, während das Normaltier bei 2 m etwa bleibt. Ferner konnte ich nie den Eindruck gewinnen, daß die Käfer unbeholfener und schwankender fliegen, sondern im Gegenteil eher in geringerem Maße das Gaukelnde des Maikäferfluges zeigen, was eben durch die hohe Geschwindigkeit verursacht sein mag.

Die neuen Beobachtungen, die mir die Bedeutung der Elytren definitiv klarzustellen scheinen, sind folgende:

1. Kleine Teile der Elytren und der Hinterflügel vermögen sich physiologisch zu vertreten. Werden einem Käfer die Hinterflügel so weit gestutzt, daß er auch nach einigen Übungsflügen noch erkennen läßt, daß er nahe an der Grenze eines noch möglichen horizontalen Fluges angelangt ist, so wird ein solches Tier vollständig unfähig zu fliegen, dadurch, daß man ihm entweder noch die Hinterflügel weiter um ein kleines Stückchen kürzt, oder daß man von den Elytren die Spitze wegnimmt. Es zeigt sich also hier, daß eine Entfernung eines solch kleinen Teiles, etwa  $\frac{1}{10}$  bis  $\frac{1}{20}$  der Elytren, eine Flugunfähigkeit herbeizuführen vermag, Verkürzungen, die bei intakten Hinterflügeln vollständig belanglos sind für den Flug.

Die 2. Versuchsreihe führe ich hier an, nicht deshalb, weil ich sie für sehr beweiskräftig halte, sondern deshalb, weil das Resultat ein verschiedenes ist und weil ich daher verhindern möchte, daß irgendeine gelegentliche Beobachtung als allgemein gültig angesehen und gedeutet würde. Ich arbeitete bei dieser Serie nur mit Weibchen. Diesen darf man die Elytren durchschnittlich nur bis zur Hälfte oder bis zu  $\frac{2}{3}$  entfernen, um an die Grenze der Flugfähigkeit zu gelangen.

Ich ging nun so vor, daß ich einem Tier die linke Elytre etwa um  $\frac{2}{3}$  kürzte, die rechte dagegen etwa nur um  $\frac{1}{3}$ . Es zeigte sich nun in den weitaus meisten Fällen, daß solche Tiere sehr schlecht oder überhaupt nicht mehr fliegen. Dies würde sowohl im Sinne Stellwaags, als auch im Sinne meiner Auffassung verwertbar sein. Ich hatte aber doch unter den vielen Weibchen auch zwei beobachten können, die gleich zu Anfang mit den sehr ungleich gestutzten Elytren noch recht gut zu fliegen vermochten. Wurde diesen Tieren dann die weniger gestutzte Elytre nun auf dasselbe Maß reduziert wie die kürzere, so daß beide gleich kurz waren, so war

ein Flug überhaupt nicht mehr möglich. Es zeigte sich also in diesen beiden Fällen, daß der Flug noch ermöglicht wird, wenn nur die Summe der Flächen des rechten und linken Flügels die unbedingt notwendige minimale Ausdehnung der Elytren erreicht, gleichgültig, ob die Flächenverteilung symmetrisch oder asymmetrisch ist. Würde es sich hier um ein Balanzeorgan handeln, so wäre zu erwarten, daß die gleich kurzen Elytren dem Fluge dienlicher sind. Die besonders schwerwiegenden Argumente nenne ich zuletzt.

3. Ich habe in diesem Monat eine Reihe von Männchen beobachtet, die ihrer Elytren beraubt, gleich beim ersten Flug tadellos zu fliegen vermochten, wenn sie auch meist bei den ersten beiden Flügen auf 2 m, 2—3 dem an Höhe verloren. Einige von ihnen vermochten schon beim zweiten Flug nach oben zu fliegen und ließen in keiner Weise einen Unterschied gegenüber normalen Männchen erkennen. Eine solche Stabilität ohne Elytren muß die Wichtigkeit dieser Gebilde als Stabilisierungsapparate recht fraglich erscheinen lassen.

Man kann wohl sagen, daß es auf alle Fälle erstaunlich ist, daß die Tiere so schnell sich den ungewohnten Verhältnissen anpassen, denn ungewohnt ist die Situation nicht nur dadurch, daß die Hinterflügel schneller arbeiten müssen, um die Tätigkeit der Vorderflügel zu ersetzen, sondern auch dadurch, daß der Angriffspunkt der hebenden Kraft nennenswert nach hinten rückt. Ausschlaggebend für die ganze Frage scheint mir aber folgende Beobachtung zu sein.

Je geringer das Gewicht des Tieres, desto weiter darf ohne Beeinträchtigung des Fluges eine Verkürzung der Elytren stattfinden. Daher kommt es, daß man nur bei Männchen hoffen darf, noch nach völliger Entfernung der Elytren eine Flugfähigkeit anzutreffen. Ich gebe hier eine Tabelle, die das Gewicht von 12 männlichen und 12 weiblichen Käfern wiedergibt, die mir einer meiner Doktoranden zur Verfügung gestellt hat, der von ganz anderen Fragen ausgehend, sich für das Gewicht der Tiere interessierte. Er hat hierbei aus 200 Exemplaren außer Durchschnittstieren auch möglichst große und möglichst kleine Männchen und Weibchen herausgenommen und man sieht, daß erst etwa die schwersten Männchen im Gewicht die leichtesten Weibchen erreichen. Dies erklärt uns, weshalb man nur unter den Männchen Tiere findet, die auch noch ohne Elytren zu fliegen vermögen.

Melolontha	mgr	Melolontha	mgr
Männchen: 1.	= 1081,02	Weibchen: 1.	= 1505,2
2.	= 906,8	2.	= 1482,8
3.	= 946,8	3.	= 1357,6
4.	= 882,2	4.	= 1349,2
5.	= 845,2	5.	= 1254,0

Melolontha	mgr	Melolontha	mgr
Männchen: 6. =	854,8	Weibchen: 6. =	1354,2
	7. = 825,2		7. = 1318,9
	8. = 742,2		8. = 1299,4
	9. = 753,9		9. = 1041,3
	10. = 635,9		10. = 970,1
	11. = 625,2		11. = 886,4
	12. = 580,8		12. = 776,8

Ich hatte ferner bei einer Reihe von Weibchen die Elytren ganz allmählich verkürzt, um möglichst genau die Grenze festzustellen, bei der die Tiere noch zu fliegen vermögen. Und da hat sich nun stets gezeigt, daß eine Einordnung der Weibchen nach dem Gewicht vollständig sich deckte mit einer Einordnung nach den ihnen noch verbliebenen Elytrenstummeln. Je schwerer das Weibchen, eine desto größere Fläche bedurfte es zum Fliegen. Bisweilen glaubte ich Ausnahmen zu finden. Ich hatte einem Weibchen die Elytren bis auf  $\frac{1}{3}$  gestutzt und zwar einem Weibchen, das mir schwerer zu sein schien als ein anderes, bei dem die Grenze bei einer Entfernung der Hälfte der Elytren lag; legte ich aber die Tiere auf die Wage, so zeigte sich jedesmal wieder, daß diese Proportionalität eine ganze strenge blieb. Hier muß jeder Versuch, die Elytren als Gleichgewichtsorgane zu deuten, scheitern; es sei denn, man wolle annehmen, daß das etwas schwerere Weibchen eine um ein entsprechendes größere Balanzstange nötig habe als das kleinere, und daß die noch leichteren Männchen infolge des geringeren Gewichts, im übrigen aber aus unerfindlichen Gründen dieses Balanzierapparates ganz entbehren könnten.

Ich habe daher nach wie vor die Ansicht, daß es in erster Linie geboten erscheint, die Anschauungen über die anatomischen Verhältnisse zu modifizieren. Denn, da mir das Experiment eindeutig die Antwort gibt, daß die Elytren zum Heben dienen, so wird man versuchen müssen, die anatomischen Verhältnisse diesen Resultaten anzupassen und nicht umgekehrt.

## Entgegnung

von Dr. A. Forel,

vormals Professor in Zürich.

Mit zwei Worten muß ich gegen die Art, wie Herr Dr. Henning (Biolog. Zentralbl. vom 30. April 1919, S. 192) meine Worte und Ansichten entstellt, protestieren, die Pflanzen oder gar die Atome besäßen ein Bewußtsein. Über die nachfolgenden Auseinandersetzungen, die Henning gegen mich, Dr. Brun und Semon's Mneme anführt, ist es nicht der Mühe wert ein weiteres Wort zu verlieren, ebensowenig über die vorausgehenden.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Biologisches Zentralblatt](#)

Jahr/Year: 1919

Band/Volume: [39](#)

Autor(en)/Author(s): Demoll Reinhard

Artikel/Article: [Die Bedeutung der Elytren der Käfer für den Flug. 463-478](#)