

der Geometrie im Kreis konstruieren kann); nicht aber mit Kegelschnitten (d. h. elliptische u. s. w. Blütenformen kommen nicht in Betracht). Blüten mit 7 oder 9 Blättern findet man fast nie, denn man kann in einem Kreis nach den Gesetzen der Geometrie kein gleichseitiges Sieben- oder Neuneck konstruieren. In den allermeisten Fällen sind es 3, 4, 5, 6 oder 18 Blätter. Vielleicht findet man eines Tages eine Blütenart mit 7 oder 9 Blättern, oder bei einer bekannten Art eine solche Zahl von Blättern; im allgemeinen aber bewahrt die Natur ihre Arten (*gans*) und ihre Unterarten (*naw'*), so wie sie sind. Würde man z. B. die Zahl der Körner in einem Granatapfel eines Baumes zählen, so würde man in allen anderen Granatäpfeln des Baumes dieselbe Körnerzahl finden.

Die hier und da auftretenden Unregelmäßigkeiten zeigen nur, daß „der Schöpfer, der sie sich so verhalten läßt, unendlich erhaben ist“.

Der gesetzmäßige Ablauf der Erscheinungen ist also nach *al Birânî* die Regel, aber Abweichungen können vorkommen. Es steht dies im Einklang mit der Lehre des *Islâm*, daß Gott über allen Dingen steht, überall eingreifen kann, aber ein gesetzmäßiges Verhalten für gewöhnlich zuläßt.

Die Mechanik des Sprunges der Schnellkäfer (Elateriden).

Von G. Doorman, Dipl.-Ing., Haag (Niederland).

Im Biolog. Zentralblatt sind in neuerer Zeit zwei Aufsätze erschienen über das Springen der Schnellkäfer, der eine von Dr. O. Thilo in Riga (Bd. XXXIV, 1914, S 150/6), der andere von O. Prochnow, Berlin, Lichterfelde (Bd. XXXV 1915, S. 81—93).

Thilo schließt aus den von ihm angestellten Versuchen, daß der Käfer aufspringt infolge des Schlages, der von seinem Prothorax auf den zweiten Ring gegeben wird; der Vorgang wäre zu vergleichen mit dem „Klippholz“, das die Kinder auf einen Stein legen und dann durch einen Schlag auf das freie Ende in die Luft schleudern. Dabei scheint aber übersehen zu sein, daß zur Beschleunigung des ganzen Körpers eine äußere Kraft erforderlich ist, d. h. eine Kraft, welche von einem andern Körper auf das Tier ausgeübt wird. Wenigstens ist nicht angegeben worden, welche äußere Kraft im Augenblick des Stoßes der beiden Teile plötzlich auftreten sollte.

Der Aufsatz von Prochnow fängt an mit einer Einleitung, in welcher die Eigenbewegungen der Tiere und Maschinen in zwei Gruppen eingeteilt werden:

1. Bewegungen durch Abstoßen von dem umgebenden Medium. Hierzu rechnet er u. a. den Vogelflug, sowie unser Gehen, Laufen und Springen.

2. Bewegungen durch „Selbstrückstoß“, wozu außer dem Schnellen der Springkäfer u. a. auch die Hilfsbewegungen der Arme beim

Springen des Menschen zu rechnen wären. Beim Absprung schleudert der Springer die Arme schräg aufwärts; während des Sprunges hemmt er ihre Bewegung wieder und dabei sollte diese Hemmung fördernd auf den Springer wirken. Das letztere erscheint mir falsch, denn für die Frage, ob „der Springer“ beschleunigt wird oder nicht, ist die Bewegung des Schwerpunktes seines ganzen Körpers maßgebend und darauf hat die Hemmung der Arme während des Sprunges keinen Einfluß. Zwar wird die Geschwindigkeit eines Körperteils (des Rumpfes) vergrößert, aber gleichzeitig wird ein anderer Teil (die Arme) verzögert; die Summe der Bewegungsgrößen (Masse mal Geschwindigkeit) bleibt ungeändert und ebenso die Geschwindigkeit des Schwerpunktes.

Beim Springen (ohne Armbewegungen) bleibt ein Teil des Körpers (die Füße) in Ruhe bis zum Moment wo der Boden verlassen wird. Darauf wird dieser Teil beschleunigt auf Kosten der Bewegung der andern Körperteile. Ein prinzipieller Unterschied mit der genannten Armbewegung besteht also nicht; nur ist beim Sprung im Gegensatz zur Armbewegung der Teil, der zuerst beschleunigt wird, der größere.

Die Mitteilung, daß der Sprung der Schnellkäfer zu den Selbstrückstoßbewegungen gehört, bringt uns also noch nicht viel weiter und obwohl in dem Aufsatz interessante Versuche beschrieben sind, geben auch diese noch keinen klaren Einblick in den mechanischen Vorgang.

Wir wollen versuchen in dieser Beziehung etwas weiter zu kommen und betrachten dazu zunächst den Käfer in dem Moment, wo der Dorn des Prothorax anfängt in die Grube einzutreten. Mit Hesse können wir annehmen, daß er vorher die Muskeln gespannt hat, während der Dorn am Rande der Grube unterstützt wurde und daß der Dorn nun plötzlich über diesen Rand hinweg in die Grube gleitet.

In diesem Moment üben die beiden scharnierend miteinander verbundenen Teile des Körpers ein Kräftepaar aufeinander aus, welches Teil I (d. h. Kopf und Prothorax vgl. Fig. 1) rechts herum und Teil II (Meso- und Metathorax und Hinterleib) links herum dreht. Beide Teile erhalten also eine Drehbewegung und da das Kräftepaar, das Teil I auf Teil II ausübt, in jedem Moment gleich dem Kräftepaar ist, das von Teil II auf Teil I ausgeübt wird (Aktion gleich Reaktion), müßten die Drehgeschwindigkeiten, welche die Teile schließlich erhalten, umgekehrt proportional den Trägheitsmomenten sein. Demnach müßte der Körper nach dem Anstoßen der beiden Teile weder nach rechts noch nach links drehen. Der Versuch zeigt aber eine Drehgeschwindigkeit rechts herum (um Hinterleibsspitzen) und außerdem die Aufwärtsgeschwindigkeit des Sprunges; wie entsteht die äußere Kraft, die diese beiden Geschwindigkeiten verursacht?

Wenn wir die Schwerkraft, die für das Verständnis des Abspringens belanglos ist, außer acht lassen, so wirkt in dem Moment,

wo der Dorn in die Grube eintritt, auf jeden der beiden Teile nur das Kräftepaar. Ein Körper auf dem nur ein Kräftepaar wirkt, fängt an zu drehen um seinen Schwerpunkt, ohne daß dieser Punkt seine Lage verändert. So bald aber die beiden Teile I und II um ihre Schwerpunkte S_1 und S_2 als ortsfeste Punkte zu drehen anfangen, wird Teil II mit der Oberfläche AB gegen die feste Unterlage gedrückt. Teil II rollt sich von A bis B auf der Unterlage ab; dabei wird Teil I bald ganz abgehoben und liefert die Unterlage einen Gegendruck K. Prochnow ließ den Käfer von einer beruhten Platte empor schnellen und photographierte darauf die Platte. Die so erhaltenen Aufnahmen zeigen, daß das Abrollen tatsächlich stattfindet.

In dem Moment wo die beiden Teile gegeneinander stoßen und demnach nicht weiter drehen können, ist Teil I, welcher den kleinsten Trägheitsmoment hat, um einen größeren Winkel gedreht als Teil II. Die dann entstandene Situation ist in Fig. 2 dargestellt. Das Hemmen der Drehbewegung hat auf die Bewegung des Käfers als Ganzes betrachtet keinen Einfluß.

Infolge der Gegenkraft K der Unterlage haben aber die Schwerpunkte der Teile die Wege von S_1 und S_1' bzw. von S_2 nach S_2' abgelegt; der Schwerpunkt des ganzen Körpers ist von S nach S' gewandert und behält die dabei erreichte aufwärts gerichtete Geschwindigkeit auch nach dem Anstoß der Teile. Diese ist also die Geschwindigkeit mit der der Käfer aufschnellt und sie ist verursacht durch die Gegenkraft K, die einzige äußere Kraft, die auf den Käfer gewirkt hat.

Bei dieser Betrachtung wurde das Chitin der Elytren als vollkommen hart angenommen. In Wirklichkeit ist es etwas elastisch und demzufolge geschieht der Abstoß etwas federnd: die Kraft K wird etwas kleiner und hält länger an, nämlich auch nachdem die beiden Körperteile anstoßen. Durch die Elastizität wird aber die Springhöhe des Käfers verkleinert, weil während der Drehung der beiden Körperteile der Schwerpunkt einen kürzeren Weg S—S' ablegt und dabei eine kleinere Geschwindigkeit erreicht.

Ob der Käfer während des Sprunges eine Drehung über den Kopf oder über die Hinterleibsspitze ausführt, hängt davon ab, ob die Kraft K vor oder hinter den Schwerpunkt angreift. Da der Käfer von A bis B auf der Unterlage abrollt, wird die Kraft K wohl bei vielen Schnellkäfern fast während der ganzen Beschleunigungsperiode vor dem Schwerpunkt liegen und demnach eine Drehung um die Hinterleibsspitze bewirken, wie sie von Prochnow beobachtet wurde.

Wäre die Unterlage vollkommen glatt (reibungslös) und horizontal, so würde der Käfer genau auf die Stelle niederfallen, von der er aufgesprungen ist. Beim Abrollen des Teiles II von A bis B würde dann ein gleichzeitiges Gleiten auftreten, denn wenn Teil II sich ohne Gleiten abrollt, findet ähnlich wie beim Rade eines Wagens eine Bewegung des Körpers nach links statt. Da immer Reibung anwesend

sein wird, wird die Kraft K und demnach auch die Sprunggeschwindigkeit beim Absprung von einer genau horizontalen Fläche immer etwas nach vorne gerichtet sein und wird der Käfer niederfallen nach der Richtung wo vorher der Kopf lag, wie auch von Prochnow festgestellt wurde¹⁾.

Jetzt ist wohl nur noch eine Erklärung dafür zu geben, daß ein Käfer, der auf weicher Unterlage (Sand) liegt, nicht hochspringt, aber doch um seine Hinterleibsspitze umdreht. Da die Unterlage nachgibt, ist es klar, daß die Kraft K und die erreichte Aufwärtsgeschwindigkeit viel kleiner ausfallen müssen. Außerdem bewegt sich der Angriffspunkt der Kraft K infolge der entstehenden Höhlung viel weiter nach vorne als beim Sprung auf harter Unterlage. Die kleine Kraft hat also in bezug auf den Schwerpunkt einen größern Hebelarm bekommen und dadurch ist sie doch noch imstande die Drehung zu bewirken.

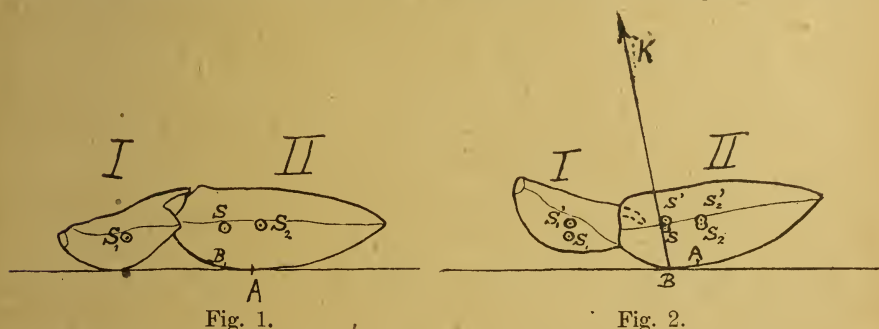


Fig. 1.

Fig. 2.

Aus dem obigen wird hervorgehen, daß der Sprung der Elateriden insofern übereinstimmt mit dem Sprung den andere Tiere ausführen, als das Tier sich durch eine rasche Veränderung der relativen Lage der Körperteile von der Unterlage abstößt. Ein Unterschied besteht darin, daß der Weg (SS' in Fig. 2), den der Schwerpunkt während der Beschleunigungsperiode durchläuft, sehr klein ist und daher der Gegendruck der Unterlage sehr groß sein muß. Vielleicht ist dieser Weg SS' nur 0,3 mm; springt der Käfer dann 50 mm hoch, dann muß während der Beschleunigungsperiode die Kraft K 500 mal so groß gewesen sein als das Gewicht des Käfers, denn die Beschleunigungsarbeit, welche von K geleistet wird, muß gleich (sogar größer) der Verzögerungsarbeit sein, welche vom Gewicht geleistet wird. Die Muskelkraft, welche in so kurzer Zeit die ganze Energie des Sprunges leisten muß, wird ebenfalls sehr groß sein müssen; die kurze Dauer der Beschleunigungsperiode wird es auch notwendig gemacht haben, daß die Muskel, wie von Hesse beschrieben, vorher gespannt werden, denn sonst würde die Muskelkraft nicht sofort beim Anfang dieser Periode zur vollen Wirkung kommen.

1) Auch der Luftwiderstand kann dem aufspringenden und dabei um die Hinterleibsspitze drehenden Käfer eine Beschleunigung nach vorne geben, aber die Reibung an der Unterlage wird wohl mehr wirksam sein.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Biologisches Zentralblatt](#)

Jahr/Year: 1920

Band/Volume: [40](#)

Autor(en)/Author(s): Doorman G.

Artikel/Article: [Die Mechanik des Sprunges der Schnellkäfer \(Elateriden\).
116-119](#)