

Als Hauptresultat meiner Untersuchung ergibt sich, dass die WIESNER'sche Theorie der Membranstructur durch die Thatsachen nicht gestützt wird und dass es sich empfiehlt, auf eine bessere Begründung dieser mit so grosser Sicherheit vorgetragenen Theorie zu warten.

50. H. Dingler: Ueber die Bewegung rotirender Flügel- früchte und Flügelsamen.

Eingegangen am 18. November 1887.

Bekanntlich machen unsere Ahornfrüchte und Coniferen-Samen, welche beiden Organe mit einem einseitigen vorne versteiften, dem der Insekten zu vergleichenden Flügel ausgerüstet sind, beim Fallen eine eigenthümliche drehende Bewegung. Ihr Fall wird dadurch sehr verlangsamt und sie bieten etwaigen Luftströmungen eine bedeutend grössere Oberfläche dar, als sie es ohne Rotation thun würden. Man erkennt sehr leicht, dass sie sich mit ihrer Fläche mehr oder weniger rechtwinklig zur Richtung des Luftwiderstandes stellen, dabei geht aber die Drehung so rasch vor sich, dass man ohne besondere Hilfsmittel nicht im Stande ist, ganz genau ihre Rotationslage erkennen zu können.

Diesen unseren einheimischen geflügelten Fortpflanzungsorganen schliesst sich eine grössere Zahl anderer an, welche Arten ganz verschiedener Familien entstammen.

Um die Bewegung besser studiren zu können, stellte ich grössere Modelle von 10–14 cm Länge her, welche möglichst genau nach dem Muster natürlicher Objekte gearbeitet waren und zwar aus Papier und Holz. Die Versteifung des vordern Randes des Flügels wurde mittelst schmaler gummirter Papier- oder Cartonstreifen hergestellt. Diese Modelle functionirten ganz normal. Ausserdem wurden durch ausgedehnte Fall-Versuche mit willkürlich gestalteten Modellen, namentlich mit solchen von vereinfachter Gestalt und Belastung die Einzelbedingungen zum Zustandekommen der Drehbewegung festgestellt.

Der ganze Vorgang gliedert sich naturgemäss in 3 Einzelvorgänge:

1. Die Annahme der zur Rotation geeigneten Lage,
2. Die Rotation selbst,
3. Die von der lothrechten Richtung häufig mehr oder weniger abweichende Fallbahn, welche die Gestalt einer umgekehrt wie die Rotation verlaufenden Spirale besitzt.

Die Annahme der Rotationslage, wenigstens in ihrer anfänglichen Gestalt zu Beginn der Rotation, wird begünstigt in der Mehrzahl der Fälle durch die namentlich im oberen breiteren Theile des Flügels ausgesprochene Längskrümmung seiner Fläche. Dieselbe ist bei den einzelnen Formen sehr verschieden stark ausgebildet, bei den Ahornfrüchten, sogar bei Formen derselben Art und von demselben Baume sehr wechselnd. Hier fehlt sie sogar nicht selten. In der Wirkung ist diese Krümmung aber immer ganz gleich. Sie wirkt wie das Steuerruder im Wasser, indem sie das mit der schwereren Nuss voraus fallende Organ zwingt, sich schief zur Fallrichtung zu stellen und nach der Richtung seiner concaven Fläche von der senkrechten abzuweichen. Gleichzeitig neigt sich das Organ in Folge seines schweren vorderen Flügelrandes mit diesem etwas abwärts, so dass eine Stellung zu stande kommt, deren Richtung stärkster Neigung etwa vom obern Viertel des hintern leichten Flügelrandes zum untern Viertel des vordern schwereren Flügelrandes verläuft. Dabei macht die Längsaxe des Organs einen Winkel von $50 - 60^\circ$ zum Horizont.

Die Krümmung des Flügels ist aber durchaus nicht nothwendig zur Annahme der Rotationsstellung, sie befördert nur dieselbe, und zwingt das Organ auch im Falle anfänglich ungünstigster Stellung (mit senkrecht nach unten gerichteter Nuss) zur Neigung seiner Fläche gegen den Horizont, wogegen bei ganz ebenem Flügel hier Fall ohne Drehung möglich ist. Die verlängert gedachte Luftwiderstandsresultante geht in diesem Falle durch den Schwerpunkt des Organs. Aus jeder andern Anfangsstellung resultiren allein schon in Folge der äusserst exzentrischen Lage des Schwerpunktes Drehungen um die beiden in der Fläche des Organs verlaufenden Axen, die Längs- und die Queraxe. Diese Drehungen kombiniren sich und führen auch hier in kürzester Frist die zur Einleitung der Rotation um die (zur Fläche des Organs) senkrechte Schwerpunktsaxe geeignete, bereits geschilderte Lage herbei.

In dieser Stellung wirkt nun, der Fallrichtung entgegen, der Luftwiderstand so ein, dass zunächst einmal seine Resultante nicht durch den Schwerpunkt geht, sondern höher oben den Flügel trifft und zwar je nach der Gestalt des Flügels einen verschieden gelegenen Punkt desselben. Bei den gegen ihr oberes Ende verbreiterten Flügeln trifft er unterhalb der Längsmittle der Organe auf. Von der Gesamtresultante des Luftwiderstandes kommt bekanntlich bei geneigten Flächen nur die senkrecht auftreffende Componente zur Wirkung und diese selbst zerlegt sich wieder in eine senkrecht nach oben und eine horizontal wirkende Componente. Die erstere wirkt als drehendes Moment um die durch den Schwerpunkt gehende, in der Fläche verlaufende Querachse, die zweite als drehendes Moment um eine ebenfalls durch den Schwerpunkt gehende Vertikalaxe. Das erstere Drehmoment wird um so rascher kompensirt und wirkt einfach verzögernd, als die Drehung um die

Vertikalaxe sehr rasch überwiegt und die jenes zusammensetzenden Einzeldrehmomente in den verschiedenen Stellungen während einer Umdrehung einander entgegenwirken. Die zur Fläche senkrechte Schwerpunktsaxe ist nämlich eine beharrliche Hauptträgheitsaxe und gleichzeitig die Axe des grössten Trägheitsmomentes des Körpers. Die bei dieser Drehung entstehenden Centrifugalkräfte sind in Folge dessen sehr bedeutend und überwinden den beträchtlichen nach aufwärts gerichteten Luftwiderstand unter der Beihülfe der nach abwärts gerichteten Componente des gegen die Rotation wirksamen Luftwiderstandes. Die horizontale Componente des letztern verbraucht sich in Verzögerung der Drehbewegung.

Das anfangs in geneigter Stellung rotirende Organ strebt also eine immer horizontalere Lage anzunehmen, indem die peripherischen Theile sich immer mehr von der momentanen Rotationsaxe zu entfernen suchen. So fällt nunmehr, je nach den Belastungsverhältnissen und der Grösse der Luftreibung mehr oder weniger schief gestellt, das Organ, gleichmässig rotirend, mit gleichmässiger Geschwindigkeit zu Boden. Die Gleichmässigkeit ist Folge des Gleichgewichts zwischen der lebendigen Kraft, welche durch den Fall geliefert wird, und der durch die Rotation geleisteten Arbeit.

Die rotirenden Fortpflanzungsorgane drehen sich aber häufig nicht nur um ihre Axe, sondern sie machen auch noch eine schraubige Bahn und zwar in umgekehrtem Sinne wie ihre Rotation vor sich geht. Die Erklärung dieser Bahn ergab sich nach verschiedenen Versuchen aus den Gesetzen des Kreisels.

Stellt man sich einen nicht zu kleinen Kreisel aus dünnem aber festem Carton dar, indem man ihn mit einem feinen spitzen Holzstäbchen als einer materiellen Axe versieht, welche man mittelst Siegellacks befestigen kann, so rotirt ein solcher Kreisel, zwischen den Fingern gedreht, auf glatter Unterlage sehr gut und lange indem er ein nicht unbedeutendes Trägheitsmoment besitzt und die materielle Axe die Stelle der beharrlichen Hauptträgheitsaxe des Körpers einnimmt. Derselbe zeigt gleichzeitig die bekannten von POGGENDORF gemeinverständlich erklärten Erscheinungen der Axenneigung sehr gut. Man kann sie am schönsten hervorbringen, wenn man den Kreisel auf einer erhöhten schmalen Unterlage, welche am besten mit einem Siegellacktropfen mit einer kleinen Grube versehen ist, horizontal rotiren lässt und nun mittelst eines Glasröhrchens auf eine Stelle des Randes einen schwachen Luftstrom senkrecht einwirken lässt.

Die dadurch erzeugte Axenneigung findet bekanntlich nicht um die Axe statt, welche senkrecht auf der, die Resultante der einwirkenden Kraft und den Schwerpunkt einschliessenden Ebene steht, und welche hier eine horizontale Queraxe darstellt, sondern um die dazu senkrechte horizontale Schwerpunktsqueraxe, welcher der Angriffspunkt der

Kraft selbst angehört. Die Axe des Kreisels neigt sich also nicht dem Experimentator, der den ihm nächsten Punkt der Scheibe durch den Luftstrahl getroffen hat zu, sondern in einem rechten Winkel davon nach der Seite. Und zwar nach links, wenn die Rotation des Kreisels rechts herum (im Sinne des Uhrenzeigers) vor sich geht. Diese Neigung erhält sich dann und wandert nun in gleichem Sinne wie die Rotation ebenfalls nach rechts herum. Der Grund für die rotirende Neigung ist bekanntlich die bei geneigter Stellung einseitig zur Wirkung kommende Schwerkraft.

Bei den rotirenden Flügelorganen ist es nun nicht die Schwerkraft, welche den Körper um eine horizontale Queraxe zu drehen sucht, sondern es ist der bei allen Fragen des Luftwiderstandes so enorm wichtige erschwerte Luftabfluss an der vorderen Partie der schief gegen den Luftstrom gestellten Fläche.

Nach dem Prinzip des erschwerten Luftabflusses wird der Angriffspunkt der Resultante des Luftwiderstandes verschoben, und zwar wird bei einem Körper, dessen Schwerpunkt, wie z. B. bei einem vier-eckigen Stück Papier, in der Mitte liegt, dieser Punkt vor den Schwerpunkt verschoben. Lassen wir ein Stück Papier in geneigter Lage fallen, so rutscht es in der Richtung seiner Neigung wie auf schiefer Ebene hinab, dreht sich aber dabei um seine in der Fläche verlaufende horizontale Schwerpunktsaxe, so dass das zuerst tiefste vordere Ende nunmehr am höchsten sich befindet. Es findet also eine Aufwärtsdrehung des vorausgehenden Vorderrandes statt. Ganz dasselbe ist nun bei den rotirenden Organen der Fall. Falls eine Ahornfrucht, die anfangs horizontal rotirend, fast senkrecht zu Boden fiel, durch Wind oder aus welchem Grund immer, in geneigte Axenlage geräth, so wirkt in der Stellung, in welcher der Flügel am tiefsten sich befindet, der Luftwiderstand als sehr bedeutendes Drehmoment, indem der Angriffspunkt seiner Resultante nach dem Prinzip des erschwerten Luftabflusses bedeutend nach vorwärts verschoben und so der wirksame Hebelarm des Momentes sehr verlängert wird. Auf den fast am andern Ende des Organs gelegenen Schwerpunkt wirkt die Schwerkraft, so dass also beide Kräfte, Luftwiderstand und Schwerkraft gleichsinnig wirken und die geneigte Rotationsaxe wiederum senkrecht zu stellen suchen. Die beiden Drehungen kombiniren sich nun nach dem Parallelogramm der Rotationen zu einer resultirenden Drehung und in deren Momentanaxenlage rückt immer wieder ein die beharrliche Hauptträgheitsaxe des Körpers. Anstatt einer Abwärtsdrehung wie beim rotirenden Kiesel findet also hier eine Aufwärtsdrehung statt und daraus resultirt die zur Rotationsrichtung antidrome Axenneigung.

Es machen sich hier eben in den verschiedenen Lagen des Organs während einer Rotation Verschiebungen des Angriffspunktes der den Flügel aufwärts drehenden Momente geltend, welche sich gegenseitig

nicht mehr zu kompensiren vermögen, indem dasjenige, welches den Flügel horizontal zu stellen sucht, überwiegt. Das direkt gegensinnige ist verhältnissmässig wenig bedeutend in Folge starker Verkürzung des Hebelarmes und die beiden in rechtem Winkel zu den genannten wirkenden Drehmomente heben sich als untereinander gegensinnig und gleichgross auf. Entsprechend der jeweiligen Axenstellung gleitet gleichzeitig der Apparat in der Richtung der stärksten Neigung seiner Fläche immer ein wenig seitlich abwärts. So entsteht die spiralgige Bahn. —

Wenn diese Anschauung richtig war, so musste auch der in freiem Fall rotirende Kreisel in geneigter Lage eine der Drehung gegensinnige Spirale beschreiben, denn auch auf ihn muss das Prinzip des erschweren Luftabflusses wirken. Der Versuch lehrte sofort, dass dies der Fall ist. —

Näheres über den Vorgang, sowie über die einschlägigen Versuche ist in meiner ausführlicheren im Druck befindlichen Abhandlung nachzulesen.

51. G. Volkens: Zu Marloth's Aufsatz „Ueber die Bedeutung der Salz abscheidenden Drüsen der Tamariscineen“.

Eingegangen am 25. November 1887.

Im letzttausgegebenen Heft dieser Berichte veröffentlichte MARLOTH einen Aufsatz: Ueber die Bedeutung der Salz abscheidenden Drüsen der Tamariscineen. Er stimmt in demselben der Darstellung, welche ich seiner Zeit von den betreffenden Gebilden gegeben, nur in so weit bei, als es sich um thatsächliche Befunde handelt. Meine Ansicht, „dass die Salzdrüsen im Stande seien, dem während der Nacht feucht gewordenen Salzgemisch das Wasser zu entziehen und für das Blattgewebe zu verwerthen“, ist ihm dagegen „eine Hypothese, zu deren Annahme uns nichts nöthigt, gegen welche aber unsere bisherigen Erfahrungen über die in der vegetabilischen Zelle thätigen Kräfte sprechen.“

Hierauf sei es mir gestattet, einige Worte zu erwidern. — MARLOTH kennt zunächst von meiner Arbeit nur die vorläufige Mittheilung, welche ich in den Berichten der Akademie¹⁾ gegeben. Er kennt

1) Zur Flora der aegypt.-arab. Wüste. Sitzungsber. d. kgl. Preuss. Acad. der Wissensch. 1886, VI.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1887

Band/Volume: [5](#)

Autor(en)/Author(s): Dingler Hermann

Artikel/Article: [Ueber die Bewegung rotirender Flügel Früchte und Flügel Samen. 430-434](#)