

Ueber die Function und das Leistungsvermögen der pflanzlichen Flugorgane¹⁾.

von
H. Dingler.

Dass gewisse Samen und Früchte langsamer fallen, resp. leichter vom Winde verführt werden als andere, ist eine altbekannte Thatsache. Die meisten dieser Organe besitzen eine eigenthümliche Ausbildung in Gestalt verschieden geformter Anhängsel, welche schon auf den ersten Blick das Princip ihrer Wirkungsweise erkennen lassen. Dasselbe beruht auf möglichster Vergrößerung der dem Luftwiderstand sich darbietenden Flächen bei möglichst wenig vermehrtem Gewicht.

Dass die Wirkung der Anhänge, welche man als Wanderapparate bezeichnen kann, wirklich eine sehr ansehnliche ist, ergiebt sich aus einem sehr einfachen Versuch. Man braucht nur die Zeit zu messen, welche die Organe brauchen, um eine bestimmte Höhe in ruhiger Luft zu durchfallen und dann denselben Fallversuch mit den gleichen Organen, welche man mittelst einer Scheere ihrer Wanderapparate sorgfältig entledigt hat, zu wiederholen. Man findet dann, dass die Verlängerung der Fallzeit, welche durch die Anhänge erzeugt wird, oft das Vielfache der Fallzeit der nackten Organe beträgt.

Einige Beispiele illustriren das aufs beste:

Eine Theilfrucht von *Acer pseudoplatanus* durchfiel 6 m Fallhöhe in 5,6 Sec., wurde der Flügel knapp an der Nuss abgeschnitten, so durchfiel letztere die gleiche Fallhöhe in 1,2 Sec. Der Flügel erzeugte somit eine 4,66fache Fallverlangsamung. Bei einem Samen von *Zanonia javanica* ergaben sich auf die gleiche Fallhöhe 15,2 und 2,4 Sec., also eine 6,33fache Fallverlangsamung, bei einer Achene von *Cynara Scolymus* 7,8 und 1,2 Sec., also 6,5fache Verlangsamung etc.

Ueberblickt man nun die grosse Zahl der vom Winde besonders leicht verführbaren Fortpflanzungsorgane, welche nicht mit bes. Anhängen für anderweitigen Transport eingerichtet sind, (welche letztere wir unberücksichtigt lassen), so ergibt sich trotz der grossen Mannigfaltigkeit der Form und der Verschiedenheit der Gründe für die Ausnützung einer bestimmten Einrichtung doch nur eine relativ kleine Zahl von Grundformen oder Haupttypen. Zwischen ihnen finden sich zahllose Zwischentypen, welche entweder einfach in der Mitte zwischen zwei verwandten Haupttypen stehen, oder welche gleichzeitig mehrere, ganz verschiedenartigen Typen zukommende Flugeinrichtungen besitzen. Die letzteren Formen kann man gegenüber

1) Ausführliches hierüber sowie Belege für die hier gemachten Angaben s. in »Die Bewegung der pflanzlichen Flugorgane«. Ein Beitrag zur Physiologie der passiven Bewegungen im Pflanzenreiche. Von H. Dingler. München, Theodor Ackermann 1889. 342 S. mit 8 lithogr. Taf.

den ersteren, welche einfache Zwischentypen darstellen, als zusammengesetzte Zwischentypen bezeichnen.

Das Verhalten der Flugorgane beim Fall in ruhiger Luft hängt nun zunächst ab von ihrer äusseren Gestalt und der Massenvertheilung innerhalb der Umgrenzungsflächen, denn je nachdem fallen dieselben ohne Drehungen senkrecht zur Erde nieder oder sie fallen zwar ebenfalls senkrecht, drehen sich aber dabei in einer bestimmten Richtung, oder endlich sie beschreiben mit oder ohne Drehung mehr oder weniger stark von der lothrechten abweichende Bahnen. Die senkrechte Fallgeschwindigkeit hängt dabei im

einfachsten Falle von dem Grössenverhältnisse $\frac{\text{Gewicht}}{\text{Widerstandsfläche}}$ in der Weise ab, dass sie mit ihm sowohl wächst als abnimmt. Dieselbe erleidet aber ausserdem höchst bedeutende Modificationen durch die Gestalt der Angriffsfläche, die Lage des Schwerpunktes und in gewissen Fällen (bei sehr kleinen Organen) durch die absolute Grösse der Körper, indem hier noch zwei besondere Momente sich beigesellen, nämlich erstens die relativ stärkere Abnahme des Körpergewichtes gegenüber derjenigen der Flächengrösse bei gleichgestalteten Körpern (bei ungleich grossen Kugeln von gleicher specifischer Masse ist die Widerstandsfläche — gleich dem Inhalt eines grössten Kugelkreises — dem Quadrat des Radius proportional wogegen der Rauminhalt, welcher das Gewicht bedingt, dem Kubus des Radius proportional ist) und zweitens die Wirksamkeit der die Oberfläche aller Körper überziehenden adhären den Lufthülle, welche bei abnehmendem Durchmesser eines Körpers die Widerstandsfläche in zunehmendem Maasse vergrössern muss.

Die Massenvertheilung, resp. die Lage des Schwerpunktes, hängt bei den mit Anhangsgebilden ausgerüsteten Flugorganen wesentlich von der Lage ihres Hauptkörpers ab, welchen ich die »Nuss« nennen will. Diese Nuss fällt meist mit dem eigentlichen Samen resp. der Frucht zusammen, indess kommt es auch vor, dass der Hauptkörper selbst zum geflügelten Organ wird, dann stellt der relativ am meisten Masse enthaltende, schwerste Theil des Ganzen die »Nuss« dar. Ausserdem kommen noch »Belastungen« vor, welche mechanische Bedeutung für die Art der Bewegung haben, indem sie die Lage der sogenannten freien Axen, welche bei Drehungen während des freien Falles von Wichtigkeit sind, beeinflussen.

Um, abgesehen von der absoluten, kleineren oder grösseren Fallgeschwindigkeit, ein bestimmtes Mass der Fähigkeit, den Luftwiderstand auszunützen, zu erlangen, benutzte ich der theoretische Formel für die maximale Grösse der Arbeitsleistung eines in einem widerstehenden Mittel frei fallenden Körpers, welche lautet:

$$w = \gamma f \frac{v^2}{2g}$$

und worin w das Gewicht des Körpers, γ das Gewicht der Volumeinheit des widerstehenden Mittels (also hier die Luft), f die Projectionsgrösse der Widerstandsfläche (bei senkrechtem Fall also die Horizontalprojection des Körpers), v die grösste Fallgeschwindigkeit und g die Beschleunigung des fallenden Körpers durch die Erdanziehung ($= 9,81$ m) bedeutet.

Durch Umstellung dieser Gleichung erhält man die Formel

$$v = \sqrt{\frac{2 g w}{\gamma f}}$$

welche aus Gewicht und horizontaler Projectionsfläche die theoretische grösste Fallgeschwindigkeit zu berechnen gestattet.

Absolut genommen bekommt man auf diese Weise zwar nur dann annähernd richtige Resultate, wenn man noch eine für jede Form der Widerstandsfläche eigene Zahl, den durch Versuche zu ermittelnden Coefficienten der Widerstandsfläche in die Formel einführt, indess war das gleichgültig für vorliegenden Zweck, indem mittelst Anwendung der Gleichung nur eine Norm zur Erlangung einer Verhältnisszahl festgestellt werden sollte. In die Gleichung wurde also jedesmal Gewicht und grösste Projectionsfläche (als Mass der Flächenentwicklung des betreffenden Flugorganes) eingeführt und in die so erlangte theoretische grösste Fallgeschwindigkeit ($= v$) mit der durch Versuche gefundenen wirklichen grössten Fallgeschwindigkeit (welche

ich V nennen will) dividirt. Dieses Verhältniss $\frac{v}{V}$ nenne ich die Leistungsgrösse. Dasselbe gibt ein sehr einfaches einheitliches Mass ab, welches anzeigt, um wie viel die wirkliche Fallgeschwindigkeit der Flugkörper von der theoretischen, aus Gewicht und Flächengrösse berechneten abweicht. Dabei ist natürlich ausser Acht gelassen, dass in einem Fall sehr bedeutende Lasten, in anderen nur kleinste Körperchen bewegt werden müssen, und dass bei bedeutenderer Leistungsgrösse dennoch die absolute Transportfähigkeit geringer sein kann, als bei minderer Leistungsgrösse.

Ich muss hier übrigens ausdrücklich bemerken, dass diese Leistungsgrösse beim senkrechten Fall auf die Transportfähigkeit in horizontaler Richtung nur dann ohne weiteres zu übertragen ist, wenn die vom Wind bewegten Körper kugelige Gestalt haben. Im anderen Fall treten, namentlich bei gewissen Körpern, Modificationen ein, deren Nachweis in Bezug auf Art und Grösse dem Experiment die allergrössten Schwierigkeiten in den Weg setzt. Auf wissenschaftliche Genauigkeit Anspruch erhebende Versuche in dieser Richtung sind ohne grossartige Hilfsmittel überhaupt nicht durchzuführen¹⁾.

1) Einige in der Münchener Ebene auf freiem Felde bei schwachem Winde gemachte Versuche konnten bis jetzt nicht hinreichend verificirt werden, um hier darauf einzugehen. Ich behalte mir vor, darüber später zu berichten.

Fasst man alle hier erwähnten in Betracht kommenden Momente zusammen, so lassen sich mit Uebergang der Zwischentypen folgende 12 Haupttypen unterscheiden:

- I. Staubförmige (»Staubflieger«, Sporentypus).
- II. Körnchenförmige (»Körnchenflieger«, Mohnotypus).
- III. Blasig aufgetriebene (»Blasenflieger«, Cynaratypus).
- IV. Haarförmige (»Haarflieger«, Pitcairniatypus).
- V. Flach scheibenförmige (»Scheibendrehflieger«, Aspidospermotypus).
- VI. Convex scheibenförmige (»Napfflieger«, Ecremocarпустypus).
- VII. Fallschirmförmige (»Schirmflieger«, Asterocephalustypus).
- VIII. Flügelwalzenförmige (»Walzendrehflieger«, Halesiatypus).
- IX. Länglich plattenförmige (»Plattendrehflieger«, Ailanthustypus).
- X. Länglich plattenförmige mit einer belasteten Längskante (»Segelflieger«, Zanoniatypus).
- XI. Länglich plattenförmige mit einer belasteten Kurzkante (»Schraubendrehflieger«, Eschentypus).
- XII. Länglich plattenförmige mit einer schwach belasteten Längskante und einer stark belasteten Kurzkante (»Schraubenflieger«, Ahorntypus).

Nach der Art ihrer Function eingetheilt mit kurzer Charakteristik und Aufzählung einiger Beispiele ordnen sich diese 12 Haupttypen folgendermassen:

A. Fallbewegung typisch ganz ohne Drehungen verlaufend.

I. Gruppe. Typisch geradlinige, lothrechte Bewegung, auf stabiler oder indifferenter Gleichgewichtslage in Folge entsprechender Lage des Schwerpunktes und symmetrischer Gestalt der mehr oder minder convexen Widerstandsfläche beruhend.

a. Organe ohne besondere flächenvergrössernde Anhänge. Körperdimensionen nach allen Richtungen minimal, so dass die adhärende Lufthülle einen sehr bedeutend verzögernden Einfluss ausübt.

Staubflieger (I). Dieselben stellen kleinste Körper von verschiedenem Umriss dar, bald ganz isodiametrisch kugelig bis cylindrisch oder etwas unregelmässig gestaltet. Die Fallverzögerung ist die grösste bekannte und würde bei gleichbleibendem mittleren Vertikaldurchmesser der Körper in einem umgekehrten Verhältniss zu der Grösse ihrer horizontalen Projectionsfläche stehen.

Beispiele: Die kleinsten lebenden Organismen, Spaltpilze, Sporen von Pilzen, Flechten, Algen, Moosen, Gefässkryptogamen, sowie der Windpollen der Blütenpflanzen.

Die Leistungsgrösse $\left(= \frac{v}{V}\right)$ beträgt für die Sporen von *Lycoperdon caelatum* beispielsweise 51 bei einer absoluten Fallgeschwindigkeit von 4,45 mm in der Sekunde.

b. Organe ohne besondere flächenvergrößernde Anhänge. Körperdimensionen gering, daher die Masse im Verhältniss zur Widerstandsfläche relativ gering.

Körnchenflieger (II). Kleine Körper von verschiedenem Umriss. Die Fallgeschwindigkeit ist relativ bedeutend. Sie entspricht bei gleicher Masse der Grösse und Gestalt der horizontalen Projectionsfläche.

Beispiele: Früchtchen von *Sibbaldia procumbens*. Samen von Papaveraceen, Orobanchen, manchen Caryophyllen, Bromeliaceen etc.

Die Leistungsgrösse bleibt unter 1 zurück. Für Samen von *Papaver somniferum* wurde sie beispielsweise zu 0,74 beobachtet bei einer absoluten Fallgeschwindigkeit von 5 m in der Sekunde.

c. Organe mit besonderen flächenvergrößernden Anhängen. Körperdimensionen bedeutender, wenigstens nach einer Richtung.

Blasenflieger (III). Im Umriss mehr oder weniger kugelige oder annähernd isodiametrische Organe, welche innerhalb ihrer äussersten, geschlossenen oder durchbrochenen Umgrenzungsfläche kleinere oder grössere luftgefüllte Hohlräume enthalten. Bei geschlossener Hüllfläche entspricht die Fallgeschwindigkeit bei gleicher Masse der Grösse und Gestalt der horizontalen Projectionsfläche resp. der Widerstandsfläche. Es gilt dies mehr oder weniger auch für die Organe mit durchbrochenen Umgrenzungsflächen.

Beispiele: Früchte von *Valerianella*, Samen von Orchideen, Frucht von *Ostrya* (m. Cupula), Achenen von *Cynara Scolymus* mit allseitig strahlendem, eine Kugel darstellendem Pappus, Samen von *Comeosperma* etc.

Die Leistungsgrösse bleibt unter 1 zurück. Für Achenen von *Cynara Scolymus* wurde sie beispielsweise zu 0,7 beobachtet bei einer absoluten Fallgeschwindigkeit von 0,833 m in der Sekunde.

Haarflieger (IV). Die Organe stellen ein, durch die körnchenförmige Nuss in der Mitte belastetes, einfaches Haar dar. Dieses Haar ist so dünn, dass wie bei den staubförmigen Körpern die an der Oberfläche verdichtete Lufthülle die horizontale Projectionsfläche erheblich vergrössert. Die Organe besitzen stabile Gleichgewichtslage in horizontaler Stellung. Die Fallverzögerung ist sehr bedeutend.

Beispiele bilden die Samen verschiedener Bromeliaceen.

Die Leistungsgrösse steigt bis zu sehr bedeutender Höhe. Für Samen von *Pitcairnia imbricata* wurde sie beispielsweise zu 2,67 beobachtet bei einer grössten Fallgeschwindigkeit von 30 cm in der Sekunde.

Napfflieger (VI). Die Organe sind im Umriss runde, abgeflacht concav-convexe oder biconvexe Körper, welche aus einer medianen, meist biconvexen Nuss und einem entweder ganz flachen oder eine Kegel- oder Kugelzone darstellenden, ringsum gehenden Flügel bestehen. Der Flügel ist meist häutig, selten ein dichter Haarkranz. Sie besitzen stabile Gleichgewichtslage in horizontaler Flächenstellung mit alwärts gerichteter Convexität. Drehungen um die senkrecht gestellte Verticalaxe kommen nicht selten vor, sind aber nicht typisch, und haben keine Bedeutung für die Leistungsgrösse. Die Fallgeschwindigkeit entspricht der theoretischen bei Einrechnung des sogen. Erfahrungscoefficienten für die Gestalt der Widerstandsfläche.

Beispiele: Früchte von *Paliurus aculeatus*, *Terminalia diptera*, manche Früchte von *Ptelea trifoliata*; Samen von *Eccremocarpus sabae*, *Dianthus glacialis*, *Cochlospermum orenocense* etc.

Die Leistungsgrösse bleibt unter 1. Beobachtet wurde beispielsweise für Früchte von *Ptelea trifoliata* 0,93 bei einer grössten Fallgeschwindigkeit von 1,5 m in der Sekunde.

Schirmflieger (VII). Die Organe bestehen aus einer meist mehr oder weniger walzenförmigen Nuss, welche mit einem fallschirmartigen Apparat versehen ist. Letzterer hat meist die Gestalt eines umgestülpten Schirmes oder umgekehrten Kegelmantels und ist entweder häutig oder aus dicht gestellten Haaren bestehend. Der Schwerpunkt liegt ausserhalb und zwar ziemlich tief unterhalb der Schirmfläche, in Folge dessen ist die beim Falle eingenommene Gleichgewichtslage sehr stabil. Drehungen um die senkrecht gestellte Verticalaxe kommen ausnahmsweise vor, haben aber keinen Einfluss auf die Leistungsgrösse. Die Fallgeschwindigkeit entspricht der theoretischen bei Einführung des Erfahrungscoefficienten für die Widerstandsfläche.

Beispiele bilden namentlich die Achenen vieler Dipsaceen sowie Plumbagineen. Unter den Compositen nur solche mit dicht gestellter Haarkrone. Daran schliessen sich zahllose mehr oder minder abweichende Formen.

Die Leistungsgrösse sinkt bedeutend unter 1. Beobachtet wurde beispielsweise für die Achenen einer unbestimmten *Asterocephalus*-Art 0,44 bei einer grössten Fallgeschwindigkeit von 3,8 m in der Sekunde.

B. Fallbewegung unter kaum beschleunigten Einstellungsrotationen verlaufend.

II. Gruppe. Von der lothrechten sehr stark abweichende, in der Horizontalprojection typisch geradlinige, in der verticalen Längsprojection krummlinige fortschreitende Bewegung, unter langsamer Einstellungsrotation um die horizontal gestellte Längsaxe der Organe verlaufend. Die Bewegung beruht auf zum Horizont resp. zur Luftwiderstandsrichtung

geneigter, stabiler Gleichgewichtslage in Folge Verschiebung des Schwerpunktes gegen eine Längs- kante der länglich-plattenförmigen Organe.

Segelflieger (X). Die Organe stellen sehr dünne Platten von länglichem Umriss dar. Sie bestehen aus einer flach zusammengedrückten Nuss, welche von einem dünnhäutigen, länglichen Flügel in der Weise umzogen ist, dass sich erstere in der Mitte der einen Längs- kante und zwar dicht an ihrem Rande befindet. Der Flügel ist in Quer- und Längs- richtung meist etwas concav-convex gekrümmt, seltener eben. Die Organe besitzen beim Fall in ruhiger Luft typisch Gleichgewichtslage in Bezug auf ihre Längs- wie auf ihre Queraxe und zwar stellen sie die erstere horizontal und die letztere in einen, der Verschiebung des Schwerpunktes entsprechenden, spitzen Winkel zum Horizont. Die Bahn des Schwerpunktes weicht dabei sehr bedeutend von der lothrechten ab und stellt in der verticalen Längs- projection typisch eine Kurve von anfangs zunehmender, dann wieder abnehmender Krümmung dar, welche sich schliesslich einer geraden Linie nähert. In Folge etwas beschleunigter Drehung überschreiten jedoch die Organe in der Regel mehr oder weniger rasch die Gleichgewichtslage, so dass eine höchst verwickelte Bahn des Schwerpunktes erzeugt wird, welche aus einigen wenigen bis vielen, nach abwärts convexen Secundärkurven zusammengesetzt ist. In der Horizontal- projection würde die Bahn typisch eine gerade Linie darstellen, indess ist sie in Folge fast ausnahmslos vorhandener Unsymmetrien meist gekrümmt und stellt eine nach unten sich verengernde spiralige Raumkurve dar. Die Fallgeschwindigkeit nähert sich bei rasch eintretender Gleichgewichtslage (bei Organen mit ganz flachem Flügel) der theoretischen, bei schwach concav-convexer Querkrümmung vermindert sie sich dagegen in Folge rasch wiederholter fortgesetzter Oscillationen, welche erhöhte Ausnutzung des Luftwiderstandes gestatten, bedeutend. Die Fallgeschwindigkeit schwankt übrigens bei ein und demselben Versuchsorgane nicht unbedeutend.

Beispiele bilden die Samen von *Zanonia javanica*, diejenigen mancher Bignoniaceen und einiger Ternströmiaceen.

Die Leistungsgrösse schwankt von weniger als 1 bis 2,49. Beobachtet wurde beispielsweise für einen Samen von *Zanonia* zwischen 2,05 und 2,35 bei einer beobachteten Fallgeschwindigkeit von 36,6 cm bis 31,9 cm in der Sekunde.

C. Fallbewegung unter beschleunigten Drehungen verlaufend.

III. Gruppe. Von der lothrechten abweichende, in der Horizontal- projection typisch geradlinige, in der verticalen Längs- projection krummlinige Bewegung des Schwerpunktes. Die Bewegung beruht auf bedeutend beschleunigter Drehung um eine horizontal gestellte Axe der nur labile

Gleichgewichtslage annehmenden Organe, welche centrischen Schwerpunkt besitzen.

Scheibendrehflieger (V). Die Organe stellen ganz flache, im Umriss kreisrunde Körper dar. Sie bestehen entweder aus einer flügellosen, abgeflachten Nuss oder diese ist ausserdem noch mit einem besonderen häutigen Flügelrand umzogen. Stabile Gleichgewichtslage fehlt. Die Fallbewegung verläuft unter mässig beschleunigten, wenig stabilen Drehungen um eine beliebige, horizontal sich einstellende Schwerpunktsflächenaxe. Die Bahn des Schwerpunktes stellt wie bei den beiden folgenden Haupttypen in verticaler Längsprojection eine Wellenlinie dar, deren Gesamtverlauf eine nach oben concave Kurve von anfangs zunehmender, dann wieder abnehmender Krümmung bildet und sich schliesslich einer geraden Linie nähert. In Horizontalprojection stellt sie typisch eine gerade Linie dar, welche in Folge geringer Unsymmetrien meistens zu einer nach unten sich verengernden Schraubenlinie wird. Durch die beschleunigte verticale Drehbewegung, welche höhere Ausnützung des Luftwiderstandes ermöglicht, wird eine nicht unbedeutende Verminderung der Fallgeschwindigkeit erzielt.

Beispiele bilden flachflügelige Formen der Früchte von *Ptelea trifoliata*, von *Peltaria*, *Ulmus*; Samen von manchen Irideen und Liliaceen, von *Aspidosperma*-Arten etc.

Die Leistungsgrösse steigt über 1 an, beispielsweise bei Samen von *Aspidosperma spec.* bis 1,129 bei 66,6 cm beobachteter Fallgeschwindigkeit auf 1 Sekunde. Bei Modellen wurde eine Leistungsgrösse bis zu 1,484 beobachtet.

Walzendrehflieger (VIII). Die Organe stellen drei- bis mehrflügelige Körper dar, welche entweder aus einer sternförmig ausgebildeten Nuss ohne besondere Flügel, nämlich aus flach zusammengedrückten, der Länge nach verwachsenen Platten bestehen, oder aus einer bald kurz- bald langcylindrisch oder prismatisch gestalteten Nuss, an welche der Länge nach häutige Flügel angeheftet sind. Im verticalen Querschnitt stellen die Organe regelmässige drei- bis mehrstrahlige Sterne dar. Stabile Gleichgewichtslage fehlt. Die Art der Bewegung wie die Gestalt der Bahn sind ganz die gleichen wie beim vorigen Typus, nur finden die Drehungen nicht um beliebige Schwerpunktsflächenaxen statt, sondern nur um ebensoviele Schwerpunktsqueraxen, als Flügel vorhanden sind, indem die betreffende Axe sich dabei ebenfalls horizontal stellt. Auch um die Längsaxe können solche Drehungen stattfinden, indessen gehen dieselben nach kürzerer Zeit in die erstgenannten über. Auch hier ist die Fallgeschwindigkeit in Folge erhöhter Ausnützung des Luftwiderstandes durch die beschleunigte Verticaldrehung nicht unbedeutend vermindert.

Beispiele bilden die Früchte vieler Polygoneen, ferner diejenigen von *Spathelia*, *Reisseckia*, *Halësia*, *Pentaptera* etc.

Die Leistungsgrösse steigt über 1 an. Beobachtet wurde beispielsweise für eine Frucht von *Halesia tetraptera* 1,39 bei einer absoluten Fallgeschwindigkeit von 3,3 m in der Sekunde.

Plattendrehflieger (IX). Die Organe stellen typisch dünne ebene Platten von länglichem Umriss mit medianem Schwerpunkt dar. Sie sind entweder flügellos, oder eine mediane, mehr oder weniger flach zusammengedrückte Nuss ist von einem ebenen Flügel umzogen. Oft kommen mehr oder weniger starke Flächenkrümmungen vor, entweder schwache Wölbungen oder schraubenförmige Krümmungen. Die Art der Bewegung, wie die Gestalt der Bahn sind ganz die gleichen wie vorher, nur finden die Drehungen, welche hier sehr bedeutend beschleunigt sein können, ausschliesslich um die sich horizontal einstellende Schwerpunkts-längsaxe statt. Die Fallgeschwindigkeit ist in Folge erhöhter Ausnützung des Luftwiderstandes durch die sehr beschleunigte Verticaldrehung eine bedeutend verzögerte.

Beispiele bilden die Früchte von *Ailanthus glandulosus*, manche nicht aufspringende Hülsen von Leguminosen; Samen von *Entada*-Arten und namentlich von zahlreichen *Bignoniaceen*.

Die Leistungsgrösse steigt ziemlich bedeutend über 1 an. Für eine Frucht von *Ailanthus glandulosus* ergab sich beispielsweise 1,48 bei einer absoluten Fallgeschwindigkeit von 91 cm in der Sekunde. Bei Modellen wurden Leistungsgrössen bis über 2 beobachtet.

IV. Gruppe. Lothrechte geradlinige Bahn des Schwerpunktes bei beschleunigter horizontaler Rotation um eine mit der verticalen Körperaxe mehr oder weniger zusammenfallende, im Raume senkrechte Schwerpunktsaxe. Die Bewegung beruht auf der Verschiebung des Schwerpunktes nach den zwei Hauptdimensionen der längliche Platten darstellenden Körper, wodurch Gleichgewichtslage unmöglich gemacht wird. Durch die entstehenden Schiefstellungen der Fläche bei sehr ungleicher Flächen-grösse beiderseits der Schwerpunktsqueraxe entstehen starke horizontal drehende Kräfte, welche ihrerseits wieder durch die beschleunigte Horizontal-drehung vertical drehende Kräfte und damit nahezu horizontale Flächenstellung erzeugen.

Schraubenflieger (XII). Die Organe stellen typisch dünne ebene Platten von länglichem Umriss dar, deren Schwerpunkt sowohl in der Längs- als in der Querrichtung und zwar namentlich in ersterer bedeutend verschoben ist. Eine verschieden gestaltete Nuss besitzt auf einer Seite einen länglichen, häutigen, steifen, meist unsymmetrischen und an der einen Längskante stark verdickten Flügel, welcher ganz eben oder in der Fläche ein wenig gekrümmt sein kann. Bei der, im wesentlichen bereits charakterisirten Bewegung ist noch ein Vorgang, welcher bedeutend höhere Ausnützung des Luftwiderstandes und damit ansehnlich

verminderte Fallgeschwindigkeit bedingt, zu beachten. Es finden nämlich während der sehr beschleunigten Horizontalrotation um die Verticalaxe gleichzeitig Oscillationen um die Längsaxe statt, so dass sich der vorausgehende schwere Vorderrand zeitweilig höher als der nachfolgende leichte Hinterrand stellt. Durch die ihm innewohnende lebendige Kraft der Drehung muss sich aber in diesem Falle das Organ relativ in die Höhe schrauben, resp. es wird zeitweilig seine Fallgeschwindigkeit ermässigen. Auffallend sind bei diesem Typus die nicht selten zu beobachtenden der Drehrichtung gegenläufigen Spiralbahnen. Dieselben beruhen auf durch äussere Störungen erzeugten Axenneigungen, welche nach den Gesetzen des Kreisels in Folge des Bestrebens der Erhaltung der Rotationsebene entstehen.

Die Beispiele für diesen Typus sind sehr zahlreich. Die Theilfrüchte von *Acer* sowie sehr vieler Sapindaceen gehören hierher, ebenso die Früchte vieler Malpighiaceen, mancher Anacardiaceen (*Loxopterygium Schinopsis*), Euphorbiaceen (*Hymenocardia*), Sterculiaceen (*Tarrietia*), Leguminosen (*Nissolia*, *Machaerium*, *Centrolobium* etc.) etc. Ferner die Samen zahlreicher Coniferen, mancher Casuarineen, Proteaceen, Büttneriaceen, Caesalpiniaceen, Sterculiaceen, Cedrelaceen, Pittosporaceen etc.

Die Leistungsgrösse steigt bedeutend über 1 an. Beobachtet wurde zwischen 1,82 und 2,33 bei normal ausgebildeten Organen. Stärkere Querkrümmung des Flügels verursacht Sinken der Leistungsgrösse unter 1. Beobachtet wurden beispielsweise für Theilfrüchte von *Acer pseudoplatanus* Leistungsgrössen zwischen 1,961 und 2,33. Im letzteren Falle betrug die absolute Fallgeschwindigkeit 1,071 m in der Sekunde.

V. Gruppe. Lothrechte geradlinige Schwerpunktsbahn bei beschleunigter horizontaler Rotation um eine im Raum verticale Schwerpunktsaxe und gleichzeitiger beschleunigter mehr oder weniger verticaler Rotation um die zum Horizont etwas geneigte Körperlängsaxe. Die Bewegung beruht einerseits auf der labilen Gleichgewichtslage in Bezug auf die Längsaxe, andererseits auf dem der Länge nach stark verschobenen Schwerpunkt. Durch die Verticalrotation um die Längsaxe entstehen beständig wiederholte, zu den beiden Hauptdimensionen der länglich plattenförmigen Organe schiefe Flächenstellungen, welche bei der Ungleichheit der Flächenvertheilung beiderseits der Schwerpunktsqueraxe starke, horizontal drehende Kräfte erzeugen.

Schraubendrehflieger (XI). Die Organe stellen typisch dünne ebene Platten von länglichem Umriss mit in der Richtung der Längsaxe stark verschobenem Schwerpunkt dar. Sie bestehen aus einer verschieden gestalteten Nuss, welche auf einer Seite einen länglichen, häutigen, steifen symmetrischen Flügel besitzt. Oefter kommen schwache Längs- oder Querkrümmungen des Flügels vor. Stabile Gleichgewichtslage fehlt.

Die Verticalrotation ermöglicht durch bessere Ausnützung des Luftwiderstandes nicht unbedeutende Fallverzögerung. Dadurch, dass die verticale Bahnaxe durch den Körper selbst geht, dreht sich das Nussende in Bezug auf horizontales Vorwärtsschreiten in umgekehrtem Sinne wie das Flügelende, und die Fallverzögerung erreicht nicht die Höhe wie bei den im übrigen den Luftwiderstand in ganz gleicher Weise ausnützenden Organen des IX. Haupttypus.

Beispiele bilden die Früchte von *Fraxinus* und *Plenckia populnea*, sowie die Früchtchen von *Liriodendron tulipifera*.

Die Leistungsgrösse steigt nicht unbedeutend über 1. Für eine Eschenfrucht betrug sie beispielsweise 1,38 bei einer absoluten Fallgeschwindigkeit von 2,14 m auf 1 Sekunde.

Studien über die Gattungen *Conferva* und *Microspora*.

Von

G. v. Lagerheim.

(Hierzu Tafel V und VI.)

Verzeichniss der benutzten Litteratur.

1. Berthold, G., Studien über Protoplasmamechanik. Leipzig 1886.
2. Braun, A., Betrachtungen über die Erscheinung der Verjüngung in der Natur. Freiburg i. B. 1849—50.
3. Braun, A., Ueber Chytridium, eine Gattung einzelliger Schmarotzergewächse auf Algen und Infusorien (Abhandlungen der Kgl. Akademie der Wissenschaften zu Berlin. Aus dem Jahre 1855). Berlin 1856.
4. Derbès et Solier. Memoire sur quelques points de la physiologie des Algues (Supplement aux Comptes rendues, tome I). Paris 1856.
5. Dodel, A., Die Kraushaar-Alge (Pringsheims Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik, X. Band). Leipzig 1876.
6. Famintzin, A., Die anorganischen Salze als ausgezeichnetes Hilfsmittel zum Studium der Entwicklung niederer chlorophyllhaltiger Organismen (Bulletin de l'Académie Impériale des Sciences de St. Pétersbourg, tome 17). St. Pétersbourg 1872.
7. Hansgirg, A., Prodrömus der Algenflora Böhmens (Archiv für naturwissensch. Landesdurchforschung von Böhmen, V. Band, Nr. 6), Prag 1887.
8. Hansgirg, A., Ueber die Gattungen *Herpoteiron* Näg. und *Aphanochaete* Berth. non A. Br. nebst einer systematischen Uebersicht aller bisher bekannten oogamen und anoogamen Confervoideen-Gattungen (Flora 1888, No. 14). Regensburg 1888. Sep.
9. Hauck, F. et Richter, P. Phycotheca universalis. Leipzig 1885.
10. Hauptfleisch, P., Zellmembran und Hüllgallerte der Desmidiaceen. Dissertation. Greifswald 1888.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Flora oder Allgemeine Botanische Zeitung](#)

Jahr/Year: 1889

Band/Volume: [72](#)

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

Artikel/Article: [Ueber die Function und das Leistungsvermögen der pflanzlichen Flugorgane¹](#). 168-179