

Masse Exemplare von *Tylenchus devastatrix* in ihnen. Alle andern Anguilluliden und weitere Organismen konnten in den stockkranken Haferpflanzen fehlen; umgekehrt fehlte jedoch niemals die *Tylenchus devastatrix* in den „tuliprooted“ Haferpflanzen. Ueber weitere von mir gemachte Erfahrungen betreffend die kranken Haferpflanzen will ich später und anderswo berichten; nur sei hier die Thatsache konstatiert, dass „Tulip-rooted oats“ nichts Anderes als stockkranke Haferpflanzen sind. Der Freundlichkeit Fräulein Ormerod's verdanke ich die von ihr gezeichnete beigegebene Figur, welche die Verdickung der Halmbasis, die starke Bestockung und die vielfachen Biegungen mehrerer klein gebliebener Schosse aufs deutlichste zeigt.

(Schluss folgt.)

Neue pflanzenbiologische Untersuchungen.

Von Prof. Dr. F. Ludwig.

1. Verbreitungsmittel der Pflanzen.

Literatur:

- E. Huth, Die Klettpflanzen mit besonderer Berücksichtigung ihrer Verbreitung durch Tiere. Uhlworm et Haenlein, Bibliotheca Botanica. Heft 9, 36 Seiten mit 78 Holzschnitten.
- Ign. Urban, Ueber die Schleudereinrichtung bei *Montia minor*. Jahrbuch d. kgl. Bot. Gart. und bot. Museums zu Berlin, Bd. IV, S. 256 bis 259 u. Taf. II Fig. 15—22.
- F. Ludwig, Die Luftschraubenbewegung mancher Früchte. Sitzungsber. der Bot. Vers. f. Gesamtthüringen, Bd. V, Heft 3, Jena 1886, S. 65. — Noch einmal die Schraubenflieger I. c. Bd. VI, Heft 1 u. 2, S. 4—5.
- H. Dingler, Ueber die Bewegung rotierender Flügel Früchte und Flügel-samen. Ber. d. deutsch. Bot. Ges. Bd. V, Heft 9, 1887, S. 430—434.

Seit dem Erscheinen von Friedrich Hildebrand's bahnbrechendem Werke „Die Verbreitungsmittel der Pflanzen“ (1873) sind in der Fachliteratur viele kleinere oder größere Aufsätze über die Einrichtungen zur Verbreitung der Pflanzen erschienen, dieselben finden sich aber nur sehr zerstreut. Als ein verdienstliches Unternehmen müssen wir es daher bezeichnen, dass E. Huth, der grade um dieses Gebiet sich mancherlei Verdienste erworben, ein größeres Kapitel dieses Theiles der Biologie, die Kletteinrichtungen der Pflanzen, in übersichtlicher umfassender Weise bearbeitet hat. Die Arbeit, welche das Vorkommen von Klettvorrichtungen (Widerhaken, rückwärts gerichteten Staecheln, Borsten u. a. Rauigkeiten) nach den einzelnen Pflanzenfamilien behandelt und durch Holzschnitte erläutert, unterscheidet 1) eigentliche Kletten oder Verschleppungskletten, 2) Kletterkletten, 3) Ankerkletten, 4) Bohrkletten und 5) Schüttelkletten. Zu den ersten rechnet Huth diejenigen Haftvorrichtungen der Pflanzen, welche nachweislich zur weitem Verbreitung dienen, wie die Wollkletten (*Xanthium*, *Medicago*,

Harpagophyton etc.). Es werden indess diese Kletten nicht allein durch wollhaarige Tiere, sondern auch durch den Menschen (*Galium Aparine*, *Geum urbanum*, *Bidens*, *Torilis*, *Agri-monia*, *Marrubium*, *Echinosperrum*, *Cynoglossum*), durch Pferde, Schweine etc. verbreitet. Vögel besorgen die Verbreitung bei *Uncinia jamaicensis*, *Villarsia ovata*, einigen *Limnanthenum*-Arten, *Aeschinanthus*, *Leersia*, einigen *Polygonum*-Arten — nach H. Hoffmann¹⁾ — ebenso vermutlich bei *Scirpus compressus*, *Sc. Tabernaemontani*, *Sparganium*, wo, wie auch bei *Stellaria glauca*, *Teucrium Scordium* (Wasservogel), *Senebiera Coronopus* (Ackervogel), die Verbreitung mit den Wanderstraßen der Vogelzüge häufig zusammenfällt. — Die der vertikalen Verbreitung und Ausbreitung der Einzelpflanze nützlichen Kletterkletten finden sich bekanntlich bei *Galium Aparine*. Wie diese Pflanze so können sich *Hibiscus surratensis*, *Gronovia scandens* nur durch die Widerhaken ihrer Stengel aufrecht halten, indem sie sich an andere Gegenstände anhaften. Bei *Sclerotherix* u. a. Loasaceen dienen Klimmhaare der Blätter diesem Zweck. So bekommen die windenden Stengel von *Teramnis volubilis* und *T. uncinatus* und die kletternden Stengel von *Hedysarum uncinatum* einen größern Halt durch die klettenartige Behaarung. Besonders gut sind die Kletterkletten bei einigen Palmen ausgebildet, die im Urwald mit ihren außerordentlich schlanken Stengeln weithin von Baum zu Baum klettern, wie manche *Calamus*- und *Desmoncus*-Arten. Bei ihnen ist die Mittelrippe des Blattes zu einem langen mit starken Widerhaken versehenen Klettapparat umgebildet. Fritz Müller hat früher (Kosmos VI S. 321 ff.) eine von Huth nicht erwähnte *Dalbergia* beschrieben, einen Strauch, an dem bestimmte Zweige zu rankenähnlichen, blattlosen Gebilden umgewandelt sind, welche zudem noch mit Kletterhaken ausgerüstet sind. —

Ankerkletten werden von Huth nur bei *Trapa natans* und *Ceratophyllum demersum* erwähnt, die hier den Zweck haben, den Samen (mit der jungen Pflanze) im Schlamm festzuhalten.

Von den Pflanzen, welche ihre Samen selbstthätig in die Erde eingraben, besitzen manche einen zugleich mit einer Klettvorrichtung versehenen Bohraparat, so *Aristida*, *Stipa*, *Erodium* u. a. Malvaceen. — Huth unterscheidet zuletzt als Schleuder- oder Schüttelkletten solche Vorrichtungen, die ein momentanes Festhalten der Früchte und bei ihrem Loslassen ein elastisches Wegschnellen der Samen bewirken. So werden die großen Widerhaken der *Martynia*-Arten, die hakig gekrümmten Griffel unserer Papilionaceen, Haken und Krummstachel an *Sloanea*, die Vorrichtungen bei *Lappa*, hakig gebogene Fruchtsiele, wie sie z. B. bei *Uncaria* *Unona* etc. vorkommen, in ähnlichem Sinne gedeutet. Sie sollen die selbstthätigen

1) H. Hoffmann, Nachträge zur Flora des Mittelrheingebiets. Gießen 1887. S. 289 — 336.

Ausschleuderungsmechanismen bei *Hura crepitans*, *Impatiens*, Arten von *Cardamine*, *Oxalis*, *Viola*, *Cyclanthera explosens*, *Collomia* etc. er-
setzen. —

Von Schleudereinrichtungen der letztern Art beschreibt Urban an dem aufgeführten Orte eine neue bei *Montia minor*. Die Kapsel dieser Pflanze, welche eine umgekehrt eirund-kuglige Gestalt hat und ein wenig kürzer ist als die persistierenden Kelchblätter, ist aus 3 Fruchtblättern gebildet, von denen das eine vor eins der Kelchblätter, die beiden andern links und rechts über das andere Sepalum fallen. Die 3 knötig rauhen, runden, konkaven Samen sind an der Basis befestigt und berühren sich, infolge der Kapselgestalt nach aufwärts unter einander etwas divergierend, auf der Innenseite unweit der Kanten. Die Stelle, an welcher die Kapsel lokulicid aufspringt, ist schon vorher durch 3 nahtartige Linien markiert. Die Ränder der Klappen trennen sich von der Spitze zur Basis hin von einander, rollen sich wenige Augenblicke später ganz allmählich immer stärker nach innen hinein und greifen unter die Samen, so dass diese mehr und mehr frei werden und von den eingerollten Rändern immer stärker an einander gepresst werden. Wenn der Druck der Fruchtschalen so bedeutend geworden ist, dass der durch die warzenförmigen Hervorragungen der Samen erhöhte Reibungswiderstand überwunden werden kann, werden die letztern fortgeschleudert. Nach der Katastrophe, welche ungefähr 10 Minuten nach dem Aufspringen der Frucht vor sich geht, sind die 3 Schalenteile zusammengedreht oder eingerollt.

Verschiedenartige Experimente ergaben, dass das Ausschleudern der Samen der *Montia* unter einem Neigungswinkel von 80—83° gegen die Horizontale geschieht, wobei die Samen eine mittlere Höhe von ca. 60 cm erreichten, dass die Samen von einem auf der Ebene des Tisches gelegenen Rasen in einer Entfernung von 50—80 cm den Tisch wieder erreichten, während einige bis auf 150 und 200 cm weit geflogen waren. Während der Nacht wurden etwas weniger Samen ausgeschleudert als bei Tage u. s. w. Bezüglich der Biegungen und Verlängerungen der Blüten und Fruchtstiele gilt für *Montia* ähnliches wie für *Holostium umbellatum*, *Veronica*-, *Stellaria*-Arten etc. (Abwärtskrümmen des Stieles vor Entwicklung der Blütenblätter, Aufrichten vor dem Aufblühen, Abwärtskrümmen und Verlängerung nach dem Blühen, Aufrichten vor Oeffnung der Samenkapseln). — Bekanntlich finden sich Ausschleuderungsmechanismen der Früchte und Samen in viel allgemeinerer Verbreitung bei den Kryptogamen. Wir erinnern nur an die *Entomophthora muscae*, deren Sporen die im Herbst an den Fensterscheiben verendeten Fliegen heiligenscheinartig umgeben, an den zierlichen *Pilobolus* auf frischem unter die Glasglocke gebrachtem Pferdedünger, welcher mittags zwischen 11 und 12 Uhr seine Hüte samt Sporen weit wegschleudert. Brefeld,

Zalewski u. a. haben für die Aecidiosporen der Rostpilze, für die Entomophthoreen und die Hymenomyceeten (*Agaricus*, *Coprinus*, *Cantharellus*, *Russula* etc.), Zopf für die Ascomyceeten die Mechanik der fast allgemein vorkommenden Sporenejakulation näher untersucht.

Aber auch Anker- und Klettvorrichtungen gibt es bei den niedersten Pflanzen, welche Huth von seiner Bearbeitung ausgeschlossen hat. Auf sie denken wir anderwärts zurückzukommen, hiernur einiges wenige andeutend. Einige im Haarleid oder an den Federn der Fluchttiere parasitierende höhere Pilze besitzen mit Widerhaken besetzte besondere Anhängsel; so die höchst merkwürdige *Appendicularia entomophila* Peck auf Fliegen, die Laboulbeniaceen, das ringsum mit Krallenhaken besetzte Dauermycel von *Ctenomyces serratus* Eid. auf Vogelfedern. Hierher gehören weiter die Telentosporen der Rostpilze *Triphragmium echinatum* Lév. und *T. clavellusum* Beck., von denen ersteres mit langen hakig gekrümmten Stacheln — sie dienen wohl zur Verankerung in den haarförmig gefiederten Blättern von *Meum*, ihrer Wirtspflanze — letzteres mit am Ende 1 bis 2 mal dreigabligten Stacheln mit am Ende zurückgekrümmten Endhäkchen besetzt ist, ferner die ähnlichen Anhängsel bei *Uncinula adunca*, die eigentümlichen Sporen von *Helicomycetes*, z. B. *Helicomycetes mirabilis* Peck u. s. w.

Von den Verbreitungseinrichtungen der Früchte und Samen durch den Wind haben in der Neuzeit diejenigen eine besondere Beachtung gefunden, welche auch vom Laien als Flügelanhängsel bezeichnet werden — wohl eine Folge unserer Zeitströmung, in der Flugeinrichtungen aller Art eine gesteigerte Aufmerksamkeit erfahren, seitdem das Problem des Menschenfluges und der Luftschiffahrt an Aussichtslosigkeit ein gutes Teil eingebüßt hat. Ich habe zunächst auf die Einrichtungen der sehr schweren Früchte des brasilianischen *Schizolobium* und die Verwandten unserer Ahornarten, Coniferensamen, Hainbuchenfrüchte etc. aufmerksam gemacht, die nach dem Prinzip des als Kinderspielzeug bekannten „Schraubenfliegers“ ausgebildet sind und darauf hingewiesen, dass diese Flugfrüchte vermöge jener Vorkehrungen außerordentlich langsam zur Erde fallen, dagegen leicht durch geringe Luftströmungen auf weitere Strecken hin verbreitet werden können. In einem zweiten Aufsatz habe ich über die gleichzeitig von Müllenhoff über dieselben Früchte angestellten Untersuchungen zum Teil nach Briefen dieses um die Erforschung des Flugvermögens der Tiere so verdienten Forschers berichtet. Müllenhoff hatte früher (Pflüger's Archiv f. d. ges. Physiol., Bd. XXXV, 1884, S. 407—453, Bd. XXXVI, 1885, S. 548 ff., Zeitschr. d. deutsch. Vereins z. Förderung der Luftschiffahrt, 1884, Heft IX, S. 286 ff., Tagebl. d. Naturforschervers. Magde-

burg, 1884, S. 173) nachgewiesen, dass für das Flugvermögen der Tiere, bezüglich für ihre Fähigkeit, ohne Flügelschlag in der Luft zu schweben, die sogenannte relative Segelgröße d. h. das Verhältnis

$\sqrt[3]{F:P}$, worin P das durch den Luftwiderstand getragene Gewicht, F die dabei in betracht kommende Oberfläche bedeutet — ausschlaggebend ist und in derselben Weise einen Schluss auf die Bewegung

der Flugtiere zulässt, wie der Quotient $a = \sqrt[3]{S:D}$, nach dem der Schiffbauer die Größe der Segelfläche (S) für ein bestimmtes Deplacement (D) berechnet, einen Schluss auf das Segelvermögen der Schiffe

zulässt. Nach der Größe von $s = \sqrt[3]{S:D}$ oder übersichtlicher von $\log s$ und nach der Form der Flügel wurden bei den Flugtieren unterschieden: Wachteltypus ($\log s = 0,3$ bis $0,5$), Sperlingstypus ($\log s = 0,6$ Flügel mittelgroß und mittellang), Schwalbentypus ($\log s = 0,6$ Flügel mittelgroß und sehr lang), Fasanentypus ($\log s = 0,6$ Flügel klein und kurz), Geiertypus ($\log s = 0,7$ Flügel mittellang), Möwentypus ($\log s = 0,7$ Flügel sehr lang), Tagfaltertypus ($\log s = 0,8$). Auch bei den Schraubenfliegern unter den Pflanzenfrüchten und Samen ergab es sich, dass nach der Größe des Segelareals der Fall der Samen ein sehr verschiedener ist. Es war für

	F	P	s
<i>Schizolobium (Papilionaceae)</i>	21,50	2,200	3,562
	25,20	2,256	3,828
	25,20	2,156	3,886
	26,20	2,236	3,915
	26,00	2,029	4,028
<i>Pithecoctenium Aubletii</i>	15,00	0,0652	8,776
(<i>Bignoniaceae</i>)	14,05	0,0632	9,455
<i>Oroxylon indicum (Bignon.)</i>	17,00	0,0790	9,609
	18,00	0,0720	9,764
<i>Zanonia macrocarpa (Cucurbitaceae)</i>	46,95	0,1590	11,74
	46,40	0,1610	12,72

wo F die Größe des Segelareals in qcm, P das Gewicht in Grammen,

$s = \sqrt[3]{F:P}$ die Segelgröße bedeutet. Bei *Schizolobium* fallen die Samen, die sich bei kräftigem Wurf etwa 2—3 m aufwärts, dann abwärts durch die Luft schrauben, am schnellsten, sie haben etwa die Segelgröße der Vögel vom Sperlingstypus. Weit langsamer bewegen sich die *Pithecoctenium*-Samen und am langsamsten *Zanonia*.

Am angeführten Orte war es als wünschenswert hingestellt, dass diese und die mannigfachen andern Bewegungsformen, die im Pflanzenreich vorkommen, den Gegenstand einer besondern mathematisch-botanischen Untersuchung bilden möchten. Dies ist nun auch

für die Schraubenflieger neuerdings geschehen durch H. Dingler. Eine ausführlichere Abhandlung desselben über die Bewegung rotierender Flügel Früchte und Flügelsamen ist noch im Druck begriffen, eine vorläufige Mitteilung über seine Untersuchungen findet sich a. a. O. Da die Drehung der meisten Früchte zu rasch vor sich geht, um die Rotationslage der den Insektenflügeln zu vergleichenden Anhängsel genau erkennen zu können, so stellte sich Dingler größere Modelle von 10—14 cm Länge möglichst genau nach dem Muster der natürlichen Objekte aus Papier und Holz her. Die Versteifung des vordern Flügelrandes wurde mittels gummierten Papiers oder Kartonstreifen hergestellt. Diese Modelle funktionierten ganz normal. Außerdem wurden durch ausgedehnte Fallversuche mit willkürlich gestalteten Modellen, namentlich solchen von einfacher Gestalt und Belastung, die Einzelbedingungen zum Zustandekommen der Drehbewegung festgestellt. Es lassen sich bei den für die Weiterverbreitung schwerer Samen so überaus wichtigen Bewegungseinrichtungen 3 Einzelvorgänge naturgemäß unterscheiden: 1) Die Annahme der zur Rotation geeigneten Lage, 2) die Rotation selbst, 3) die von der lotrechten Richtung häufig mehr oder weniger abweichende Flugbahn, welche die Gestalt einer umgekehrt wie die Rotation verlaufenden Spirale besitzt. Für die anfängliche Annahme der Rotationslage des Flügels ist von Bedeutung die im obern breiten Teile (z. B. der Ahornflügel) ausgesprochene Längskrümmung seiner Fläche. Sie wirkt wie das Steuerruder im Wasser, indem sie das mit der schwereren Nuss vorausfallende Organ zwingt, sich schief zur Fallrichtung zu stellen und nach der Richtung seiner konkaven Fläche von der senkrechten abzuweichen. Gleichzeitig neigt sich das Organ infolge seines schweren vordern 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 schwerern Flügelrandes verläuft, wobei die Längsaxe des Organs einen Winkel von 50—60° zum Horizont macht. Die Krümmung des Flügels zwingt das Organ auch bei ungünstigster Anfangsstellung zur Annahme der Rotationsstellung, während bei andern günstigen Stellungen schon infolge der äußerst exzentrischen Lage des Schwerpunktes Drehungen um die beiden in der Fläche gelegenen Axen (Längs- und Queraxe) resultieren, durch deren Kombination bald die zur Einleitung der Rotation um die (zur Fläche des Organs) senkrechte Schwerpunktsaxe geeignete Lage herbeigeführt wird. — In dieser Lage wirkt der Luftwiderstand der Fallrichtung entgegen so ein, dass seine Resultante nicht durch den Schwerpunkt geht, sondern höher oben den Flügel trifft an einem von der Gestalt desselben abhängigen Punkte (bei den gegen das obere Ende verbreiterten Flügeln unterhalb der Längsmittle). Die

bei geneigten Flächen allein zur Wirkung kommende senkrecht zur Fläche gerichtete Komponente des Luftwiderstandes zerlegt sich bekanntlich wieder in eine vertikal nach oben — als drehendes Moment um die durch den Schwerpunkt gehende Queraxe des Flügels — und eine horizontal — als drehendes Moment um eine durch den Schwerpunkt gehende Vertikalaxe — wirkende Komponente. Das erstere Drehmoment wird um so rascher kompensiert, als die Drehung um die Vertikalaxe rasch überwiegt und die es komponierenden Einzeldrehmomente in den verschiedenen Stellungen während einer Umdrehung einander entgegen wirken. Die zur Fläche senkrechte Schwerpunktsaxe ist nämlich eine beharrliche Hauptträgheitsaxe und gleichzeitig die Axe des größten Trägheitsmomentes des Körpers. Daher sind die bei der Drehung entstehenden Zentrifugalkräfte sehr bedeutend und überwinden den beträchtlichen aufwärts gerichteten Luftwiderstand unter der Beihilfe der nach abwärts gerichteten Komponente des gegen die Rotation wirksamen Luftwiderstands. Die horizontale Komponente des letztern verbraucht sich in Verzögerung der Drehbewegung. Es strebt so das anfangs in geneigter Lage rotierende Organ immer mehr nach der horizontalen Lage, indem die peripherischen Teile sich immer mehr von der momentanen Rotationsaxe entfernen. Das Organ fällt nunmehr gleichmäßig rotierend mit gleichmäßiger Geschwindigkeit zu Boden infolge des Gleichgewichts zwischen der durch den Fall gelieferten lebendigen Kraft und der durch die Rotation geleisteten Arbeit.

Die Bahn des ganzen rotierenden Organs, welche häufig eine der Rotationsrichtung antidrome Schraubenlinie ist, ergibt sich aus den Gesetzen der Kreiselbewegung. Gibt man einem rotierenden Kreisel eine geneigte Axenstellung, so erhält sich nach den aus der Physik bekannten Ableitungen die Neigung und wandert um die vertikale Axe herum, aber mit der Rotationsrichtung gleichsinnig. Der Grund für die rotierende Neigung ist hier die einseitig einwirkende Schwerkraft, bei den rotierenden Flügelorganen ist es dagegen der an der vordern Partie der schief gegen den Luftstrom gestellten Flügel erschwerte Luftabfluss, welcher den Körper um eine horizontale Queraxe zu drehen sucht. Die Drehung erfolgt hier umgekehrt, so dass nach dem Kreiselproblem auch die rotierende Axe eine gegensinnige Bewegung erfährt, aus der dann das Zustandekommen der Schraubenbahn sich einfach erklärt. Es handelt sich hier um dasselbe Prinzip des erschwerten Luftabflusses, nach dem ein viereckiges Papier, das man in geneigter Lage fallen lässt, um seine Längsaxe so rotiert, dass sich zunächst der untere Rand nach oben bewegt, während das Ganze in der Richtung der ursprünglichen Neigung wie auf einer schiefen Fläche abwärts gleitet — eine Erscheinung, die häufig auch bei dem vom Baume fallenden Laube zu beobachten ist.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Biologisches Zentralblatt](#)

Jahr/Year: 1888-1889

Band/Volume: [8](#)

Autor(en)/Author(s): Ludwig Friedrich

Artikel/Article: [Neue pflanzenbiologische Untersuchungen. 138-144](#)