

gehen; es würde dies für eine vorurteilslose Schilderung und Beurteilung in der vergleichenden Ontogenie von nicht zu unterschätzender Bedeutung sein. Ich möchte nochmals auf die vergleichende Anatomie hinweisen; wenn man etwas als den Ausdruck eines allgemeinen morphologischen Gesetzes für eine Ordnung, Klasse oder einen Typus ansehen könnte, so wäre es doch wohl die systematische Charakteristik; man braucht aber nur ein Lehrbuch der Zoologie aufzuschlagen, um zu sehen, wie dürftig dieselbe zu sein pflegt; man kann sehr scharf umschriebene Gruppen finden, bei denen kein einziges Merkmal auf alle Tiere derselben passt, oder aber die Merkmale, die schließlich als allen Gliedern der Gruppe eigen übrig bleiben, auf andre ebenso gut anwendbar sind. Darunter leidet aber die Präcision der wissenschaftlichen Darstellung und Vergleichung in keiner Weise; wir können trotzdem von der Vielgestaltigkeit der Formen, deren Uebergängen u. s. w. in einer Gruppe eine sehr klare Vorstellung haben. Aehnlich ist es in der vergleichenden Ontogenie; auch hier ist es nicht unsre Aufgabe, die Thatsachen ist eine möglichst geringe Zahl von Schemata einzuordnen, sondern vielmehr den Uebergang der verschiedenen Entwicklungsweisen in einander möglichst übersichtlich darzustellen. Mit dem Satz, den man mitunter lesen kann: „es muss doch auch für die Ontogenie allgemeine Gesetze geben“ kann leicht Missbrauch getrieben werden; diese allgemeinen Gesetze giebt es wohl, aber sie liegen nicht auf flacher Hand und bis zu ihrer Erkenntnis hat es noch gute Wege; das eine kann man aber wohl heute schon sagen, die Keimblätterlehre gehört zu diesen allgemeinen Gesetzen nicht. [87]

Fortschritte auf dem Gebiete der Pflanzenphysiologie und -biologie.

Von Dr. Robert Keller.

(Sechstes Stück. — Fortsetzung von Bd. XVIII S. 245.)

Die Schlafstellungen der Blätter zählen zweifellos zu den bekanntesten physiologischen Erscheinungen des Pflanzenreichs, zugleich aber auch zu den Phänomenen, deren biologische Deutung bislang nicht so recht zu befriedigen vermochte. Seit Darwin's Untersuchungen sah man in der Schlafstellung ein Schutzmittel gegen die Folgen nächtlicher Abkühlung. Dass hierbei die Vermeidung der Frostgefahr im Vordergrund stehe, ist deswegen wenig wahrscheinlich, weil in der Pflanzenwelt der Tropen die Nachtstellung der Blätter bei Holzpflanzen und krautigen Gewächsen eine große Verbreitung hat.

Stahl¹⁾ fasst diese Erscheinung unter einem Gesichtspunkte auf, der unserem Dafürhalten nach die Lösung dieses biologischen Pro-

1) E. Stahl, Ueber den Pflanzenschlaf und verwandte Erscheinungen. Botanische Zeitung, 1897.

blesmes ist. „Es ergab sich mir, schreibt Stahl, beim Anblick schlafender Marantaceen, die doch einer rein tropischen Pflanzenfamilie angehören und bei welchen also von Frostgefahr keine Rede sein kann, die ebenso einfache als befriedigende Lösung des biologischen Problems der Nachtstellung, deren Bedeutung in der Förderung der Transpiration der Blattspreiten und mithin in deren Versorgung mit mineralischen Nährstoffen zu suchen ist“.

Sind die Spaltöffnungen während der Nacht geöffnet oder geschlossen? Seit Leitgeb's Untersuchungen ist man wohl geneigt, ersteres anzunehmen, während nach einer neueren Untersuchung von Schellenberg¹⁾ der nächtliche Lichtenzug immer den Verschluss der Spaltöffnungen herbeiführen soll. Auf mikroskopischem Wege lässt sich, wie Stahl mit Recht betont, die Frage weniger sicher entscheiden als auf physiologischem, d. h. durch die Kontrolle der nächtlichen Transpiration. Die Kobaltprobe ergibt nun thatsächlich für zahlreiche Pflanzen mit schlafenden Blättern die nächtliche Wasserverdunstung, während in anderen Fällen „die Stomata bald geöffnet, bald geschlossen sind, je nach den verschiedenen Bedingungen, denen die Blätter tagüber ausgesetzt waren“. In dritten Fällen endlich, Stahl nennt speziell die Marantaceen, wird der Spaltöffnungsverschluss schon durch kurze Verdunklung erzielt.

Wo die Blätter einer Pflanze in die Nachtstellung übergehen, werden sie sich weniger stark abkühlen, sobald sie die horizontale mit der vertikalen Stellung vertauschen, denn die von einem im Freien befindlichen Körper ausgehende Wärmestrahlung findet hauptsächlich in vertikaler Richtung, nach dem Himmelsgewölbe statt. „Die durch die Vertikallage erzielte höhere Temperierung der Spreiten muss für sich allein schon die nächtliche Transpiration begünstigen, wenigstens bei denjenigen Pflanzen, bei welchen in der Schlafstellung die spaltöffnungsführende Seite unbedeckt bleibt“. Der Thaubeschlag der Blätter wird die Transpiration nicht unwesentlich beeinflussen. Schon Darwin machte auf die starke Bethauung von Blättern aufmerksam, die in der Tagstellung gehalten wurden. Stahl weist nach, dass nicht nur die höhere Temperierung der in die Nachtstellung übergetretenen Blätter, sondern diese selbst „ein Schutz gegen Bethauung“ ist. Um den Einfluss des Thaubeschlages auf die Transpiration zu bestimmen, ließ Stahl gefärbte Flüssigkeiten oder Lösungen, deren farbige Niederschläge leicht wahrgenommen werden können, von dem transpirierenden Blatte aufsaugen. Aus dem Fortschreiten der Färbung kann man einen Schluss auf die Wasserbewegung ziehen. „Je weiter die Lösung in einer bestimmten Zeit in einen Blattbezirk eingedrungen ist, je gleichmäßiger sie sich über alle seine Teile ausgebreitet hat, um so mehr Transpirationswasser hat die betreffende Blattpartie während der

1) Vergl. Botanische Zeitung, 1896.

Versuchsdauer verloren. Die Blätter, in denen das Vorwärtsdringen der Saugungsflüssigkeit erkannt werden soll, tauchen mit ihren Stielen einige Zeit in eine zehnprozentige Lösung von Ferricyankalium. Sofort, nachdem der Versuch unterbrochen, gelangen die von den Stielen getrennten Spreiten in Alkohol. Das hierin unlösliche Ferricyankalium wird durch den rasch eindringenden starken Alkohol niedergeschlagen und auf diese Weise eine weitere Ausbreitung des Salzes durch Diffusion verhindert. Nach der Extraktion des Chlorophyllfarbstoffes, welche durch Erhitzen des Alkohols beschleunigt werden kann, legt man die farblosen Spreiten in eine Lösung von Eisensulfat und, nachdem der Niederschlag eingetreten ist, in mit etwas Salzsäure versetztes Waschwasser. Je nach der Dauer der Saugung ist dann das unlösliche Turnbullblau entweder bloß in den stärkeren Gefäßbündeln erkennbar oder aber es färbt gleichmäßig, schon mit bloßem Auge erkennbar, das ganze Blattparenchym“. So gelang es Stahl zu zeigen, dass in der That die Saugung der thaufreien Blätter eine viel größere war, als der bethauten, dem entsprechend auch die Transpiration dort größer als hier. Die Schlafstellung ist also eine Schutzeinrichtung im Interesse der Spaltöffnungs-Transpiration, deren Aufgabe es ist, die Assimilationsorgane mit mineralischen Nährstoffen zu versorgen.

Die Schlafstellungen sind bekanntlich von verschiedener Form, bald so, dass die Oberseite, bald so, dass die Unterseite gegen einen Thaubeschlag besser geschützt ist. Hat man einmal erkannt, dass die Bedeutung der Schlafstellung der Schutz gegen die Bethauung ist, dann liegt es nahe zu untersuchen, ob je die spaltöffnungsführende Seite durch die Nachtstellung gegen den Thauansatz besser geschützt ist, da die kutikuläre Verdunstung der stomatären Transpiration gegenüber so gering ist, dass sie auf diese Anpassung der Pflanze ohne Einfluss ist. Durch das Mittel der Kobaltprobe konstatiert Stahl, dass bei Blättern, deren Unterseite die am stärksten transpirierende ist, wie z. B. *Oxalis acetosella*, *Robinia pseudacacia*, *Impatiens noli tangere* etc., die Blätter oder Blättchen im Schlafe abwärts gerichtet sind, die Unterseite also besser als die Oberseite gegen den Thauansatz geschützt ist. Umgekehrt beobachten wir, dass bei anderen Pflanzen wie *Colutea arborescens*, *Medicago sativa*, *Trifolium alpestre* etc. die Oberseite das Kobaltpapier rascher rötet als die Unterseite. Bei ihnen sind die Blätter oder Blättchen im Schlafe so gerichtet, dass die Oberseiten infolge ihrer Lage zum Centrum der Pflanze oder durch gegenseitige Deckung, besser als die Unterseite gegen Bethauung geschützt sind. Innerhalb der gleichen Gattung, z. B. *Impatiens*, ist bald die Oberseite, bald die Unterseite die besser geschützte. Stets ist im ersten Fall auch die Oberseite, im zweiten die Unterseite die stärker transpirierende.

Die heliotropischen Bewegungen der mit Gelenkpolstern versehenen

Variationblätter stehen nach Stahl ebenfalls im Dienste der Transpiration. Durch welche Eigentümlichkeit der Organisation wird diese Regulierung der Transpiration gefordert, während sie der großen Mehrzahl der Gewächse fehlt?

Die Papilionaceen enthalten in unserer Flora den weitaus größten Teil der Variationspflanzen. Bei sehr zahlreichen krautigen Gewächsen der einheimischen Pflanzenwelt beobachtet man nach feuchtwarmen Nächten an den Blättern reichliche Tropfenausscheidungen. Bei den Papilionaceen dagegen fehlen sie sehr oft. „Diese Pflanzen haben also kein anderes Mittel sich des aufgenommenen Wassers zu entledigen als die Transpiration. Sie sind daher im Nachteil im Vergleich zu Gewächsen, die tropfbar flüssiges Wasser auszuseiden vermögen und bei denen infolgedessen auch über Nacht, selbst bei unterdrückter Transpiration die Nährsalze mit sich führende Wasserströmung die Blätter durchzieht. Es kann daher nicht Wunder nehmen, wenn diesem Mangel durch anderweitige Einrichtungen nachgeholfen wird. . . . In gleichem Sinne wirksam (wie die Schlafstellung) ist die immer wieder herstellbare Flächenstellung senkrecht zum einfallenden Lichte, welche während des ganzen Tages, durch Förderung der Transpiration, die Zufuhr von Nährsalzen, zu den Blättern in eminentem Grade begünstigen muss“. Besondere Wasserwege (Hydathoden) zur Abgabe von tropfbar-flüssigem Wasser beobachtet man thatsächlich bei einheimischen Papilionaceen bloß bei solchen Arten (*Vicia*, *Lathyrus*), deren Blättchen im ausgebildeten Zustande eine feste Lichtlage einnehmen; Arten, denen die Variationsbewegungen, also auch die Schlafbewegungen fehlen. „Bei der großen Verbreitung der Variationsbewegung innerhalb der ganzen Gruppe der Leguminosen kann wohl kaum bezweifelt werden, dass unsere Pflanzen (*Vicia*, *Lathyrus*) von Arten mit Variationsbewegung abstammen, dieser Eigenschaft aber, bei gleichzeitiger Anpassung an eine besondere Lebensweise, verlustig geworden sind. Allen gemeinsam ist nämlich die Befestigung der Blätter mittelst reizbarer Wickelranken, eine Einrichtung, die trotz beibehaltener freier Beweglichkeit der Fiedern, diesen letzteren beim Aufsuchen der günstigsten Lichtlage in hohem Grade hinderlich sein würde. . . . Die Fähigkeit der Ausscheidung tropfbar flüssigen Wassers setzt hier ein, um den mit dem Verlust der Variationsbewegung verbundenen Ausfall in der Transpirationsgröße zu decken. Variationsvermögen und Hydathoden treten also hier als vikariierende Einrichtungen auf und liefern eine weitere indirekte Bestätigung unserer Ansicht über die physiologische Bedeutung der Variationsbewegungen der Laubblätter.

Auch die Profilstellung der Blätter der Variationspflanzen steht mit im Dienste der Transpiration. Sie schützt unmittelbar gegen die Folgen zu starker Bestrahlung. Damit hat sie für die Transpiration

und für die Assimilation Bedeutung. Welken die Blätter, dann verschließen sich ihre Spaltöffnungen. Sie sind nicht mehr im Stande erheblich zu assimilieren. Die Profilstellung wird also, infolge der geringeren Erwärmung der Blattspreiten die Transpiration ermäßigen, zugleich aber den Assimilationsprozess fördern. „Tritt trotz der mit der Profilstellung verbundenen Milderung der Bestrahlung, infolge ungenügender Wasserbilanz, Spaltenverschluss ein, so ist die zarte Spreite durch ihre Lage gegen die Besonnung die ihr nunmehr nur noch schädlich sein kann, doch einigermaßen geschützt“.

Stahl versuchte den Einfluss der Profilstellung auf die Transpirationsgröße durch Wägung festzustellen. Es soll hier das Versuchsergebnis von *Phaseolus vulgaris* erwähnt werden. An zwei Versuchspflanzen, deren Blätter die Profilstellung angenommen hatten, wurde an einem Tage während 30 Minuten ein Gewichtsverlust der einen Pflanze *A* von 1 g, der Pflanze *B* von 1,35 g bestimmt. Am folgenden Tage betrug, trotzdem die Sonne weniger heiß brannte bei der Pflanze *A* mit fixierter Blattstellung der Verlust 1,4 g, bei der Pflanze *B* mit frei beweglichen Blättern 0,65 g. Hier zeigte sich also infolge der physikalischen Verhältnisse eine Verminderung des Wasserverlustes um 50%, während bei der Pflanze, deren Blätter nicht in Profilstellung übergehen konnten, der Wasserverlust unter genau den gleichen physikalischen Bedingungen um 40% zunahm.

Als autonome Variationsbewegungen bezeichnet man solche, welche unabhängig von äußeren spezifischen Reizen erfolgen. Das bekannteste Beispiel ist *Desmodium gyrans*, der Wandelklee, ein zu den Leguminosen gehöriger Halbstrauch Ostindiens. „Gleich zwei schwingenden Armen werden die Fiederchen kreisend umher geführt. Die vom Fiederende beschriebene, meist elliptische Bahn wird bei günstiger Temperatur in nicht viel mehr als einer Minute durchlaufen. Die Bewegung ist dabei eine gleichmäßige; die aufsteigende Bahn wird langsamer und namentlich gleichmäßiger als die absteigende durchlaufen. Kleine Ruhepausen wechseln hier mit plötzlichen, ruckweisen Schleuderbewegungen ab“. Diese sind es nun, welche Stahl die bisher rätselhafte Bewegung in ihrer biologischen Bedeutung erkennen ließ. „Nicht immer sind die Blättchen in der Lage, ihre kreisenden Bewegungen ungehindert zu vollziehen. Bald werden sie gehemmt durch die große Endfieder eines benachbarten Blattes, häufiger noch geraten sie an den Rand der Endfieder eines benachbarten Blattes. Hierbei gleitet das kleine Blättchen keineswegs gleichmäßig an dem Rande des Endblättchens vorbei. Dies verhindert die unebene Beschaffenheit des mit bogenförmig gekrümmten, rauhen Haaren versehenen Blattrandes. Durch die Hemmung der Bewegung entstehen Spannungen, die bei ihrer Lösung zu ruckweisen Erschütterungen führen, die dann am stärksten ausfallen müssen, wenn die plötzliche

Trennung der beiden Blätter mit einer der ruckweisen Schleuderbewegungen des Fiederchens koinzidiert. Häufig sieht man dann nicht nur die direkt beteiligten Spreiten, sondern auch die benachbarten Blätter des Zweiges, ja manchmal den ganzen Busch erzittern“. Dadurch müssen die mit Transpirationswasserdampf beladenen Luftschichten von der Blattfläche weggeschleudert und durch trockene Luft ersetzt werden.

Auch die passiven Schüttelvorrichtungen, wie wir sie an unserer Zitterpappel beobachten, stehen im Dienste der Transpiration. Experimentell ließ sich feststellen, dass, wenn die Bewegungen der Blätter gehemmt wurden, die Gewichtsverluste infolge der Transpiration sich stark, bis auf 56%, verminderten. Das wasserreiche Substrat, auf welchem die Pflanze wächst, wird ihr nur weniger konzentrierte Nährlösungen bieten als Pflanzen, die in trockenem Erdreich wurzeln. „Der Wasserstrom, welcher die Pappeln durchzieht, dürfte also relativ arm an Nährsalzen sein, so dass die in Rede stehende Einrichtung zur Förderung der Transpiration ohne Weiteres verständlich wäre, wenn nicht in Gesellschaft der Pappeln andere Bäume vorkämen, wie *Ulmus*, *Fraxinus* und namentlich *Salix*-Arten, denen die passive Schüttelvorrichtung fehlt“. Diese Arten aber sind dadurch ausgezeichnet, dass ihre Blätter mehr oder weniger zahlreiche Wasserspalten haben, durch welche auch bei unterdrückter Transpiration noch Wasser ausgeschieden werden kann. —

Unsere Kenntnisse der Biologie der vegetativen Pflanzenorgane haben durch verschiedene Arbeiten, die aus dem Buitenzorger Botanischen Institute hervorgingen, wertvolle Erweiterung erfahren. Den Arbeiten eines Stahl über Regenfall und Blattgestalt reihen sich Wiesner's Untersuchungen über die mechanische Wirkung des Regens auf die Pflanze¹⁾ würdig an.

Die Wirkung der starken Tropenregen wird gelegentlich in tropischen Reisewerken nicht auf Grund spezieller Untersuchungen, sondern vielmehr unmittelbarer Beobachtung als eine außerordentliche geschildert. „Tausende von Blüten, schreibt Stahl, altes und junges Laubwerk, ja ganze Aeste liegen nach starken Regengüssen auf dem Boden umher. Es leuchtet ein, dass die jungen, in Entwicklung begriffenen Blätter der Bäume jener Regionen in weit stärkerem Maße gefährdet sind als die unserer einheimischen Gewächse. Zerreißung und Zerschlitung der jungen Sprosse oder gar völlige Abtrennung unter der Macht der fallenden Tropfen wird das Loos der Blätter sein, die nicht von zureichend fester Beschaffenheit oder durch die Lage der Sprosse gegen den Regenfall geschützt sind“.

Die objektive Prüfung der mechanischen Wirkung des Regens

1) in: Annales du jardin botanique de Buitenzorg, Vol. XIV, 1897. XVIII.

auf die Pflanzen lässt dieselbe nach Wiesner's Darlegungen weniger verderblich erscheinen.

Die größten Wassertropfen haben ein Gewicht von 0,26 g. Versuche ergaben, dass die aus einer Höhe von mehr als 5 Meter niederfallenden Regentropfen das Gewicht von 0,2 g nicht überschreiten können. Der direkten Beobachtung entnimmt Wiesner, „dass die schwersten, bei den stärksten in Buitenzorg niedergegangenen Gewitterregen aufgefangenen Regentropfen bloß ein Gewicht von 0,16 g hatten“. Viel häufiger aber hatten sie nur ein Gewicht von 0,06—0,08 g. Versuche über die Fallgeschwindigkeit ergaben, „dass schon innerhalb einer Strecke von weniger als 20 Metern die Acceleration der fallenden Regentropfen durch den Luftwiderstand (fast gänzlich) aufgehoben wird, und dass die Fallgeschwindigkeit selbst der schwersten Regentropfen im äußersten Falle bloß etwa 7 Meter pro Sekunde beträgt, welche Größe durch Zunahme der Fallhöhe, nach anderweitigen Versuchen zu schließen, nur so unbedeutend gesteigert wird, dass sie praktisch gar nicht beachtet zu werden braucht“. Die lebendige Kraft des fallenden Regentropfen ist nach Wiesner im Maximum ca. 0,0005 Kilogramm-Meter, zumeist aber geringer, d. h. etwa gleich dem Stoß einer Bleikugel von 2 g nach einem Falle von 20 cm. Die Größe der lebendigen Kraft der fallenden Regentropfen ist also sehr gering, so gering, „dass die Wirkung auf die Pflanze nur sehr unbedeutend sein kann. Die schwersten Regentropfen üben, indem sie auf ein Blatt auffallen, nur einen schwachen Stoß aus, welcher durch die elastische Befestigung des Blattes am Stamme noch weiter verringert wird“. So könnte also eine starke Wirkung nur die Folge der oftmaligen Wiederholung des Stoßes sein. Doch auch diese bleibt nach Wiesner's Beobachtungen sehr bedeutend hinter den Erwartungen zurück. „Es fielen bei den stärksten Regengüssen auf eine Fläche von 100 Quadratcentimeter in der Sekunde sehr selten mehr als sechs (schwere) Tropfen; gewöhnlich ist die Zahl der schweren Tropfen eine kleinere (2—3), wie sich ja auch aus den pro Sekunde ermittelten Regenhöhen durch Rechnung finden lässt“. Wiesner giebt als größte von ihm beobachtete Sekundenregenmenge 0,0405 mm an. Dies entspricht einer Tagesregenmenge von 3499 mm, d. h. nahezu der jährlichen Regenmenge von Buitenzorg.

In Bezug auf den pflanzlichen Organismus kommen hauptsächlich drei Formen der Stoßfestigkeit in Betracht. Die absolute Stoßfestigkeit kommt näherungsweise dann vor, „wenn eine Blüte, eine Frucht oder die Blätter eines hängenden Sprosses von einem abwärts gerichteten Stoß getroffen werden“. Rückwirkende Stoßfestigkeit kommt zur Geltung, „wenn unbewegliche oder wenig bewegliche oder unterstützte Organe vom Stoß getroffen wären, also Stämme, dickere Aeste, grundständige Blätter“. Wenn ein einfach

oder mehrfach unterstützter Körper vom Stoße getroffen wird, so dass er entweder eine Ausbiegung oder Durchbiegung erfährt oder im extremen Fall zerbrochen (durchstoßen, durchschlagen) wird, so wurde er auf relative Stoßfestigkeit in Anspruch genommen. „Die relative Stoßfestigkeit eines Blattes wird um so größer sein: 1. je rascher die direkt vom Stoß getroffene Stellen ihre Bewegung den anderen nicht getroffenen Stellen mitteilt, so dass dann das Blatt als Ganzes sich bewegt; 2. je vollständiger es jene Geschwindigkeit annimmt, welche der stoßende Körper im Momente der Berührung mit dem gestoßenen annimmt, 3. in je geringerem Grade die gestoßene Stelle sich, ohne ihre Bewegung der Umgebung mitzuteilen, fortbewegt, d. h. je höhere Stoßkräfte erforderlich sind, um den Körper durchzustößen oder durchzuschlagen“. Die Elastizität ist die der umgestaltenden Wirkung des Stoßes entgegenwirkende Kraft. Nach den Untersuchungen von Kny vermögen die Zellen des Blattes an sich die Stoßwirkung nur wenig zu paralysieren, wohl aber die besonderen mechanischen Einrichtungen in der Konstruktion der Gewebe, sei es dass die derbe, lederartige Beschaffenheit des Blattes das Schutzmittel gegen die Schädigungen durch Stoß ist, sei es, dass sich die Epidermis- und Palissadenzellen des Blattes sich zu Gewölben zusammenfügen, „welche elastischen Widerlagern, den stärkeren Gefäßbündeln, aufgesetzt, beziehungsweise angelehnt sind, durch welche Einrichtung die Kraft des Stoßes von den zunächst betroffenen Zellen auf die benachbarten seitwärts abgelenkt und auf die Widerlager übertragen wird“, sei es, dass das Blatt z. B. durch Fiederung so gebaut ist, dass die einzelnen Teile in Folge ihrer größeren Beweglichkeit dem Stoße leichter auszuweichen vermögen.

Welch hohe Bedeutung der Biegungsfähigkeit als Schutz gegen Stoß zukommt, zeigen Versuche mit fallenden oder aufliegenden Bleikügelchen. Wird ein Stück der Blumenkrone von *Impatiens Noli tangere* auf ein ebenes festes Widerlager aufgelegt und mit einer Bleikugel vom Gewichte 1 g beschwert, dann entsteht eine Quetschwunde. Lässt man dagegen eine Bleikugel von 5 g Gewicht auf eine natürlich aufgehängte Blüte von *I. Noli tangere* aus einer Höhe von 20 cm niederfallen, „so dass die Kugel senkrecht auf den Kronblattteil auffällt, so reisst die Blüte nicht ab, es wird aber auch der getroffene Korollenteil gar nicht beschädigt, obgleich die lebendige Kraft der niederfallenden Kugel beiläufig 40mal größer ist als die der schwersten in den Tropen zur Erde fallenden Regentropfen“. Wiesner konnte die Stoßkraft auf das 200fache (der schwersten Regentropfen steigern, ohne dass eine Verletzung eintrat.

Analog verhalten sich, wie die nachfolgende Zusammenstellung lehrt, auch andere Blütenblätter.

Gewichte, durch welche bereits Druckwunden hervorgerufen wurden.	Schwelle für Entstehung von Stoßwunden
<i>Geranium Robertianum</i> 2 g	0,000004 Kilogramm-Meter
<i>Chelidonium majus</i> 5 „	0,000004 „
<i>Lysimachia Nummularia</i> 6 „	0,000004 „
<i>Fuchsia coccinea</i> Keleh. 38 „	0,000006 „
„ „ Krone 40 „	0,000006 „
<i>Narcissus polyanthus</i> 68 „	0,000012 „
<i>Viola tricolor</i> 80 „	0,000026 „
<i>Primula chinensis</i> 95 „	0,000040 „

Die lebendige Kraft des auf die gleichen aber freibeweglichen Blüten ausgeübten Stoßes kann 0,134 Kilogramm-Meter betragen, ohne dass eine Schädigung eintritt. Es kann also ein Stoß, welcher ein auf fester Unterlage liegendes Kronblatt verwundet, mehrtausendfach verstärkt an einem in natürlicher Weise befestigten Kronblatt noch keine merkliche Schädigung hervorbringen.

Laubblätter zeigten folgendes Verhalten:

Gewichte, durch welche bereits Druckwunden hervorgerufen wurden.	Schwelle (a) für die Entstehung einer Druckwunde, hervorgerufen an dem auf fester Unterlage befindlichen Blatte.	Schwelle (b) für die Entstehung einer Stoßwunde, hervorgerufen an dem am Stamme befindlichen Blatte.
<i>Tradescantia zebrina</i> 65 g	0,000006 Kgr-Meter	0,0725 Kilogr-Meter
<i>Primula chinensis</i> 100 „	0,000090 „	0,2398 „
<i>Begonia ricinifolia</i> 98 „	0,000013 „	0,0268 „
<i>Ficus elastica</i> 100 „	0,00016 „	0,5052 „
<i>Aucuba japonica</i> 100 „	0,00030 „	0,3651 „
<i>Aloe vulgaris</i> 100 „	0,01340 „	0,3731 „

Interessant ist die Konstatierung der Thatsache, dass im allgemeinen die Blätter tropischer Holzgewächse gegen Stoß weniger widerstandsfähig sind als die unserer Bäume und Sträucher. „Hieraus dürfte schon zu ersehen sein, dass die direkte mechanische Wirkung des Regens keine große sein könne; denn wenn der Regen die Pflanzenorgane mit großer Kraft angreifen würde, so müsste ja doch das Laub der tropischen Holzgewächse, welche den relativ stärksten Regenwirkungen ausgesetzt sind, gegen Stoß besser ausgerüstet sein als das Laub unserer Bäume und Sträucher. Eher könnte man in dem relativ großen Stoßwiderstand des Laubes unserer Holzgewächse, unter Berücksichtigung der Thatsache, dass die häufigsten Hagelfälle in mittleren Breiten vorkommen, eine Anpassung an den Hagel erblicken.

Die Stoßfestigkeit ist übrigens bei den Blättern der gleichen Pflanzenart nicht immer gleich groß. Bei länger anhaltender trockener Witterung waren Blätter durch einen bestimmten Stoß nicht durchzuschlagen, die dem Regen ausgesetzt sich durchzuschlagen ließen. Das lebende Blatt gewinnt mit Wasserzunahme an „Durchschlagsfähigkeit“; die Stoßfestigkeit nimmt mit zunehmendem Wassergehalte ab.

In der nachfolgenden Tabelle bedeutet A die relativ trockene Hälfte eines lebenden Blattes, B die durch einstündiges Liegen im Wasser imbibierte. (Zunahme des Wassergehaltes 5—8^o/₁₀.)

<i>Tussilago farfara</i>	A	wird durchschlagen bei einem Stoße	0,00012	Kgr.-Mtr.	} lebendiger Kraft
	B	" " " " "	0,00009	"	
<i>Syringa vulgaris</i>	A	" " " " "	0,00115	"	
	B	" " " " "	0,00100	"	
<i>Viburnum Lantana</i>	A	" " " " "	0,00140	"	
	B	" " " " "	0,00120	"	
<i>Aesculus hippocastanum</i>	A	" " " " "	0,00116	"	
	B	" " " " "	0,00108	"	

„Da die Blätter durch den Regen in einen Zustand kommen, in welchem sie dem Stoße einen geringeren Widerstand entgegensetzen, als in einer trockenen Periode, so wird man vielleicht auch hieraus ableiten dürfen, dass die Stoßkraft des Regens keine große sein könne; denn wäre dies der Fall, so müsste doch wohl die uns überall entgegnetretende Anpassungsfähigkeit der Pflanze dahinführen, gerade zur Zeit des Regens, wenn also die größte Gefahr der Zerstörung vorhanden ist, den Widerstand gegen die Fährlichkeit zu erhöhen.“

Die Beobachtungen über die direkte mechanische Wirkung des Regens auf die Pflanze hatten folgende Ergebnisse. Mechanische Beschädigungen kommen nur außerordentlich selten vor. Auch die Zerschlitung von *Musa*-Blättern konnte nie als eine Folge des Regenfalls beobachtet werden. Karstens Beobachtung, „dass die Zerschlitung der Spreiten von *Heliconia dasyantha* (einer südamerikanischen Banane) unter dem Anprall der Regentropfen erfolgt“, findet von Wiesner folgende Deutung. Eine Teilung der Spreite kann eintreten, ohne dass hierzu Regen erforderlich wäre. „Es kann wohl keinem Zweifel unterliegen, dass an der Versuchspflanze die durch das Wachstum des Blattes hervorgerufenen Spannungen der Gewebe die Zerschlitung desselben herbeiführten. Durch den niederfallenden Regen kann eine Verstärkung dieser Spannung eintreten, durch welche das Zerschlitzen beschleunigt werden kann. Der Regen wird also mehr im Sinne einer Auslösung als durch direkten mechanischen Angriff die Zerschlitung der Spreite hervorrufen.“

Die Schädigungen, welche als eine Folge der kombinierten Wirkung von Regen und Wind auftreten, erklärt Wiesner nicht als eine Wirkung des Regens, dessen Geschwindigkeit durch den Wind so weit gesteigert wird, dass die Pflanzenorgane durch den Stoß geschädigt werden, sondern in erster Linie als eine Stoßwirkung des Windes, welche die Pflanze deswegen ganz besonders zu schädigen vermag, weil die Imbibition der Organe die Widerstandskraft gegen den Stoß verminderte.

Ein Einblick in die direkte mechanische Wirkung des Regens kann auch aus den durch Regenfall veranlassten Erschütterungen der

Pflanzen gewonnen werden. Wiesner erkannte zwischen Regenmenge und dem Grade der Bewegung der Blätter eine ziemlich konstante Wechselbeziehung, über welche die nachfolgende Tabelle Aufschluss gibt.

Regenhöhe pro Minute.	Pflanzenart.	Grad der Erschütterung.
0—0,03 mm		An keiner der angeführten Pflanzen war eine Bewegung wahrnehmbar.
0,035 mm	<i>Adiantum</i> spec. mit sehr zarten Blättchen.	Eben wahrnehmbares Zittern der Blättchen des Wedels.
0,060 mm	<i>Adiantum</i> spec. mit sehr zarten Blättchen.	Leise Bewegungen der Fiederblättchen, schon in einiger Entfernung deutlich wahrnehmbar.
0,112 mm	„	Lebhafte zitternde Bewegung der Fiederblättchen.
0,090 mm	<i>Plumbago capensis</i>	Leises Schwingen der geneigten Stengel.
0,135 mm	„	Geneigte Zweige in schwingender, Blättchen in zitternder Bewegung.
0,155 mm	„	Dieselben Bewegungen aber sehr lebhaft.
0,250 mm	„	Starke schwingende Bewegung der geneigten Zweige und starkes Zittern der an aufrechten Sprossen stehenden Blätter.
0,180 mm	<i>Ficus elastica</i>	Leise Bewegung der Blätter.
0,685 mm	„	Lebhaftes Zittern des Laubes, leichte Bewegung der Zweige.
2,400 mm größte, beobachtete Regenhöhe.	„	Starkes u. sehr rasches Zittern des Laubes, lebhaft bewegte Zweige und sehr schwache Bewegung der dünneren Aeste.

„Die stärksten Bewegungen, welche durch die heftigsten Regen hervorgebracht werden, entsprechen einem mechanischen Effekt, welcher durch einen sehr schwachen Wind hervorgerufen wird“.

Auch die Blätter der *Mimosa pudica* zeigen eine ziemlich klar ausgesprochene Proportionalität zwischen Regenhöhe und Reizungs-

effekt. Anhaltender Regen von 0,002—0,02 mm pro Minute vermag die charakteristische Reizbewegung der Blätter nicht auszulösen. Die Fiederblättchen können mit kleinen Regentröpfchen überdeckt sein und sie können in völlig regungslosem Zustande verharren. Bei stärkeren Regen von einer Höhe von 0,025—0,120 mm pro Minute erfolgt wenigstens bei einem Teile der Blättchen der Uebergang in den geschlossenen Zustand und erst bei einer Höhe von 0,125 mm pro Minute tritt die Reizbewegung sicher ein.

Stahl hat zuerst auf eine schützende Anpassung gegen heftige Regen hingewiesen, die er mit dem Namen Hängeblatt und Hängezweige bezeichnet. Stärkere Frühjahrsregen haben die Fähigkeit diese Anpassung hervorzurufen. „Junge Blätter von *Acer campestre*“, schreibt Wiesner, „welche etwa erst den dritten oder vierten Teil der ganzen Größe erreicht haben, sind am Grunde der Spreite oder am oberen Ende des gemeinschaftlichen Blattstieles so beschaffen, dass infolge unelastischer Biegsamkeit der an der genannten Stelle liegenden Gewebe, die Blattspreite leicht durch mechanische Angriffe in die vertikal nach abwärts gerichtete Lage gebracht werden kann“. Im jugendlichen Zustande sind diese Blätter ombrophob, d. h. ihre substantielle Beschaffenheit ist eine derartige, dass sie durch die kontinuierliche Wirkung des auffallenden Wassers geschädigt werden. Mit der Zeit gehen sie in einen ombrophilen Zustand über, sie vermögen lange dauernde Traufe ohne Nachteile zu ertragen, können alsdann auch ohne Nachteil die vom Regen ihnen aufgezwungene Schutzstellung verlassen.

Auffälliger als die direkten sind die sekundären Wirkungen des Regens auf die Pflanze. Als eine solche ist die organische Ablösung von Blättern zu bezeichnen. Wiesner versteht darunter „eine Trennung des Blattes, welche in einer am Grunde des Blattes ausgebildeten Gewebeschichte (Trennungsschichte), entweder durch partielle Auflösung der äußeren Zellhautpartien dieser Gewebelage oder dadurch erfolgt, dass starke Turgescenz der Zellen dieser Schichte dahin führt, dass sich die letzteren von einander trennen“. Laubfall in Folge des Regens ist namentlich dann zu beobachten, wenn dem Regen eine längere Trockenperiode voranging. Während dieser Zeit wird die Trennungsschicht angelegt. Die Ursache der Ablösung ist die plötzliche und starke Steigerung des Turgors der Zellen der Trennungsschicht. Sie bewirkt eine Lockerung ihres Gewebes, vielleicht selbst die völlige Ablösung.

Eine andere sekundäre Regenwirkung ist die Ablösung von Blüten und Blumenkronen. Diese lösen sich im allgemeinen organisch ab, indem die untersten Zellen der Korolle infolge großer Turgescenz sich von den Nachbarzellen trennen. Diese Erscheinung der organischen Trennung tritt thatsächlich unter den Bedingungen ein, welche eine

Turgorsteigerung bewirken. Werden die unter den Blüten stehenden Blätter benetzt, dann hört ihre Transpiration auf; es kann also der Zellturgor der Blumenkrone so gesteigert werden, dass es zu ihrer Ablösung kommt. Tritt die Benetzung der Korolle selbst ein, dann wird diese Trennung als sekundäre Wirkung um so sicherer erfolgen.

Wie die Lageveränderung von Blättern oder Sprossen eine primäre Regenwirkung sein kann, so tritt sie auch als sekundäre Wirkung auf. So beobachtete Wiesner z. B. an *Phaseolus multiflorus* nach 3—4 tägiger kontinuierlicher Einwirkung der Traufe, „dass sowohl die noch im Wachstum begriffenen als die ausgewachsenen Blätter ihre Lage vollständig änderten, indem das mittlere Endblatt sich nach abwärts senkt, die beiden Seitenblättchen die Profilstellung annehmen und gleichfalls in die vertikal nach abwärts gerichtete Lage kommen“. In dieser Lage sind sie vor übermäßiger Einwirkung des Wassers geschützt.

Eine weitere Wirkung des Regens besteht darin, dass Blätter, die nicht benetzbar waren, eine benetzbare Oberfläche erhalten. Dies ist darauf zurückzuführen, dass der „Reif“ mechanisch entfernt werden kann. Dennoch ist dieser „Reif“, der durch Regen nicht so schnell entfernt wird, wie durch Untertauchen des bereiften Blattes vor allem ein Schutzmittel gegen den Regen. Er verhindert die Adhäsion der Regentropfen.

(Siebentes Stück folgt.)

Werden die fliegenden Schmetterlinge von Vögeln verfolgt?

Von Prof. Dr. L. Kathariner, Freiburg (Schweiz).

In dem die Mimicry behandelnden Abschnitte seiner Orthogenesis der Schmetterlinge¹⁾ äußert sich Eimer folgendermaßen: „Alle Vertreter der Zuchtwahl-Verkleidung müssen notwendig davon ausgehen, dass vorzüglich die Vögel es seien, welche durch ihre Verfolgung besonders auch der fliegenden Schmetterlinge den Zwang der Entstehung einer schützenden Aehnlichkeit geübt hätten. Mit der Berechtigung dieser Annahme fällt die letzte Ursache der im Sinne des Nutzens gedeuteten Umbildung hinweg,“ und weiter hinten: „Aber wer hat denn überhaupt je Vögel in solchem Maße Schmetterlinge verfolgen sehen, dass dadurch eine schützende Umbildung durch Auslese erzielt werden könnte?“ Aus seiner Erfahrung erinnert sich Eimer nur eines Falles, wo ein Rotschwänzchen einen Weißling im Schnabel zu tragen schien. Von Schmetterlingsfreunden und seinen Zuhörern konnte er nur vereinzelte Fälle in Erfahrung bringen, dass Schmetterlinge von Vögeln verfolgt wurden.

Eimer beruft sich weiter auf Schmetterlingssammler in den Tropen, von denen ein Herr Piepers, „ein genauer Beobachter der javanischen

1) Leipzig, Wilh. Engelmann, 1897, p. 272.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Biologisches Zentralblatt](#)

Jahr/Year: 1898

Band/Volume: [18](#)

Autor(en)/Author(s): Keller Robert

Artikel/Article: [Fortschritte auf dem Gebiete der Pflanzenphysiologie und -biologie. 668-680](#)