FLORA.

60. Jahrgang.

No. 9. Regensburg, 21. März 1877.

Inhalt. A. Batalin: Mechanik der Bewegungen der insektenfressenden Pflanzen. (Fortsetzung).

Mechanik der Bewegungen der insektenfressenden Pflanzen.

Von A. Batalin.

(Fortsetzung.)

Es fragt sich jetzt: Welchen Antheil nehmen an diesem Schliessen der Hauptnerv und die Blattspreite? Darwin erkennt an, dass der Nerv eine wichtige Rolle bei diesem Vorgange spielt. Ich nehme im Gegentheile an, dass er in zweiter Reihe eine Rolle spielt oder selbst gar nicht beim Schliessen des Blattes betheiligt ist. Ich begründe dies auf folgende Beobachtungen. Wenn man mit Tusche auf der ganzen hervorragenden Fläche des Nerves einige Punkte markirt, mit kurzen Zwischenräumen untereinander, und wenn man diese Zwischenräume (auf obenbeschriebene Weise mit Hülfe des Mikroskops) vor und nach dem Schliessen miesst, so ist eine Vergrösserung des Zwischenraumes zwischen denselben nicht zu bemerken; sie müsste stattfinden, wenn sich der Nerv oben verkürzte und dadurch die untere Oberfläche ausdehnen würde; da aber die Messungen sehr zäh gebogener Oberflächen, als welche sich der untere Theil des Nerves zeigt, viele Fehler erlauben (zu Gunsten meiner Auf-

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr03647-0135-3

fassung) so machte ich, um Einwendungen zu entgehen, einen Versuch anderer Art: ich bestrich in der Mitte des Blattes den ganzen hervorragenden Theil des Nerves mit einer feinen, aber dichten Schicht chinesischer Tusche, so dass sie beim trocken werden einen vollkommen schwarzen breiten Streifen quer des Nerves darstellte; ich richtete absichtlich meine Aufmerksamkeit darauf, dass die Tusche nicht allein den ganzen Nerv bedeckte, sondern auch geringe Theile der Blattspreite. Als die Tusche trocken wurde, untersuchte ich die Schicht mikroskopisch, indem ich den ganzen Topf mit der Pflanze langsam umwandte, nach der je nöthigen Seite und ich überzeugte mich, dass die Schicht vollkommen ohne Unterbrechung war und dass sie an keiner Stelle die geringsten Risse zeigte. Alsdann reizte ich das Blatt, die Hälften schlossen sich und ich untersuchte abermals den schwarzen Streifen: es zeigte sich auf ihm kein einziger noch so geringfügiger Riss, welcher auch nicht übersehen werden konnte, da er sich als helle Linie auf schwarzem Grunde gezeigt haben würde. — Hieraus geht hervor, dass wenn auch eine Verkürzung auf der obern Seite in der Mittellinie längs des Hauptnerves stattfindet, sie nur sehr gering sein kann, weil sie nicht einmal eine Erweiterung der Seiten des Nerves in der Befestigungsgegend der Blatthälften hervorruft. Von dem geringen Einflusse des Nerves während der Krümmung überzeugen mich noch folgende Umstände. Erstens zeigen alle Beobachtungen (unter andern auch die, welche auf S. 109 angeführt ist), dass beim Schliessen des Blattes sich nur die mittleren Theile der Spreite stark innen zusammenziehen und ausserhalb ausdehnen; beim Nerv und bei den Borsten bleiben sie fast unverändert. Zweitens ist die Verkürzung der innern Seite der Spreiten so bedeutend, dass sie nicht allein zur Erklärung des Schliessens der Blatthälften genügt, sondern sie kann sogar eine sehr starke Krümmung der Blatthälften hervorbrigen; wenn man eine derselben längs des Hauptnerves abschneidet, so krümmt sich die andere Hälfte in Folge der Reizung so stark, dass sie mehr als auf $^3/_4$ des Umfanges den Nerv und die stehengebliebenen Reste der Spreite helmartig bedeckt; endlich stehen die beiden Hälften normal einander in einem weniger als rechten Winkel gegenüber — also beim Zusammenklappen muss jede Hälfte einen weniger als 45° weiten Bogen durchlaufen, was sehr wenig ist. —

Aus dem Bishergesagten darf man aber nicht schliessen, dass der Hauptnerv beim Schliessen des Blattes keinerlei Ver-

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr03647-0136-9

änderungen erleidet; im Gegentheile er krümmt sich, aber in ganz anderer Richtung. Bei der Mehrzahl der Blätter erscheint der Hauptnerv nicht gerade, sondern, wenn man von der Seite auf ihn sieht, seiner Länge nach leicht gebogen, die Höhlung ist nach der Erde gerichtet. Beim Schliessen des Blattes wird er stärker gebogen; diese Biegung ist dem unbewaffneten Auge nicht bemerkbar, aber die Existenz derselben ist leicht durch mikroskopische Messungen zu beweisen. Zu diesem Zwecke verfuhr ich folgendermassen: Auf der am meisten hervorragenden untersten Linie des Nerves markirte ich mit Tusche in willkürlichen geringen Entfernungen Punkte und indem ich die Zwischenräume zwischen denselben als gerade Linien (nicht als Bogen) betrachtete, bestimmte ich ihre gegenseitige Lage und Länge auf folgende Art. Diese Zwischenräume rechnete ich als Hypotenusen, und die zwei Katheten des Rechteckes bildeten die Linien des okularen mikroskopischen Netzes, die sich perpendikulär durchschnitten und in gleichen Entfernungen untereinander durchgeführt wurden (in meinem Netze waren 16 verticale und 16 horizontale Linien). Hat man den rechten Winkel und bestimmt man die Grösse der beiden Katheten (der horizontalen und der vertikalen) nach der Zahl der Linien von der Spitze des rechten Winkels bis zum Durchschnittspunkte der Katheten mit den Enden der Hypotenuse, so kann man die Hypotenuse bestimmen, — folglich auch das ganze Dreieck. Indem ich so das erste Dreieck bestimme, gehe ich zur Bestimmung des folgenden über, da aber die folgende Hypotenuse nicht die Fortsetzung der vorhergehenden in gerader Linie ist, sondern einen Winkel mit den folgenden bildet, welche sich erst nach der Bestimmung des folgenden Dreiecks bestimmen lässt und dessen Grösse von der Neigung der Hypotenuse zur horizontalen Linie abhängt, folglich auch von der Lage des zu messenden Gegenstandes, so ist also absolut nothwendig, dass der zu messende Gegenstand beim Messen jedes folgenden Dreiecks seine Lage nicht verändere (einfacher gesagt, man darf ihn nicht anrühren); wenn die Linien des mikroskopischen Netzes horizontal und vertikal gerichtet sind und die Röhre des Mikroskops ebenfalls horizontal (die Messungen führte ich auf demselben Stativ aus, welches ich bei *Drosera* beschrieben habe), so kann man die Röhre auf horizontaler oder verticaler Fläche fortbewegen, ohne zu fürchten einen Fehler zu machen. Ich bewerkstelligte meine Messungen immer so, dass ich die Punkte in solche Entfernung einen von den

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr03647-0137-5

andern stellte, dass im mikrometrischen Netze immer mehr als 2 ganze Dreiecke sich befanden und ich bestimmte beide gleichzeitig; dann bewegte ich die Röhre des Mikroskops langsam nach oben und nach rechts so weit, dass ein Dreieck vom Netzfeld verschwand und das andere zur Kontrolle blieb und indem ich die Längen der früheren Katheten mass und dieselbe ähnlich denen fand, die ich vorher erhalten hatte (was bei mir immer der Fall war, weil die Röhre des Mikroskopes und der Fuss des Statives immer genau horizontal standen), so mass ich ein neues Dreieck, nachher entfernte ich wieder eins vom Netzfelde u. s. w. Wenn man auf diese Weise kontrollirt, kann man nöthigenfalls selbst das zu messende Objekt bewegen, allein das Zurückführen des zu kontrollirenden Dreiecks auf den frühern Standpunkt bedingt einigen Zeitverlust. Die auf solche Weise für die Katheten erhaltenen Zahlen kann man gerade zu Papier bringen, indem man die horizontalen Katheten als Abscissen, die verticalen als Ordinaten annimmt — dann werden die Hypotenusen in Form einer ununterbrochenen gebrochenen Linie die Biegungen des Nerves darstellen.

Ich habe absichtlich diese Methode ausführlich beschrieben, weil sie ganz neu ist und die Möglichkeit giebt, mit einiger Genauigkeit die Biegungen der Organe zu bestimmen; bis jetzt benutzte man zu diesem Zwecke sehr grobe Methoden, so z. B. man legte den zu messenden Gegenstand auf Papier, oder man verglich, zu welcher Schablone die Biegung am Besten passte und dergl. mehr. Diese Methode ist weniger schwierig und erfordert nicht so viel Zeit, als es beim Lesen der Beschreibung scheint.

Die Messungen dreier Nerven vor und nach dem Schliessen zeigten gleichmässig, dass sich beim Schliessen des Blattes der gebogene Nerv noch mehr biegt, und zwar auf dieselbe Seite, aber seine Biegung ist unbedeutend.

Als das Vorhandensein dieser Biegung für mich unzweifelhaft wurde, so schloss ich, dass sie das Schliessen des Blattes befördert; dass sie es befördern kann, daran ist gar kein Zweifel und davon kann man sich durch einen einfachen Versuch überzeugen: Wenn man ein Kautschukplättchen in der Form einer Blatthälfte von *Dionaea* ausschneidet, so dass der obere Rand den hervortretenden Halbkreis und der untere den eingedrückten vorstellt, und ein solches flaches Plättchen dann an einen Draht befestigt, der so gebogen ist, wie der eingebogene Rand des Plättchens, und biegt alsdann diesen Draht in der Richtung

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr03647-0138-1

der Biegung, so wird das Plättchen gebogen: concav von der einen, convex von der andern Seite, ganz genau so, wie das beim Schliessen der Blätter der Fliegenfalle der Fall ist. Allein diese Voraussetzung erwies sich durchaus falsch, weil die daraus hervorgegangene Biegung der Plättchen sich immer auf die Seite richtet, auf der sie sich schon befindet, wenn auch in geringem Maasse; bei den Blättern der Fliegenfalle ist wirklich jede Blatthälfte in der Mehrzahl der Fälle leicht nach Innen gebogen, dafür giebt es auch Fälle des Gegentheiles (welche nicht sehr selten vorkommen) wo die Hälften nach Aussen gebogen sind; im letzteren Falle müsste durch den Einfluss der Krümmung des Nerves das Blatt nicht zuklappen, sondern sich noch mehr öffnen, was, wie Versuche zeigen, nicht der Fall ist. Folglich ist die Biegung des Nerves die nachfolgende Wirkung; zuerst verkürzt sich die Blattspreite von der innern (obere) Seite und bewirkt dadurch die Schliessung des Blattes und darnach schon in Folge des Schliessens findet die Biegung des Nerves statt.

Auf diese Weise nehmen beim Schliessen des Blattes beide Blatthälften den Hauptantheil. Sehen wir jetzt, wie das Schliessen vor sich geht. Wenn man eins der Härchen auf der Mitte des Blattes berührt, so nähern sich beide Hälften fast momentan (in 1—2 Sekunden) und das Blatt schliesst sich; während dieser Zeit sind beide Blatthälften wenig nach Aussen erhaben, erst nach 20—30 Sekunden erreicht diese Erhabenheit ihren höchsten Grad und dann erinnert ein solches geschlossenes Blatt sehr an eine aufgeweichte türkische Bohne. Die Randborsten beider Hälften kreuzen sich untereinander, aber das Blatt schliesst sich nie gänzlich. Wenn die Reizung künstlich ausgeführt wurde, durch einfache Berührung eines reizbaren Härchens, so findet eine weitere Schliessung nicht statt und nach einigen Stunden, am öftesten am Morgen des folgenden Tages, zeigt sich das Blatt vollständig geöffnet. Wenn aber die Reizung durch ein gefangenes Insekt geschah, oder, wie Darwin dies zuerst zeigte, durch irgend einen erweichten oder flüssigen stickstoffhaltigen Körper, so schliesst sich nach wenigen Stunden das Blatt noch fester, wobei sich seine Ränder mit den Borsten bis zum Netze, welches sich aus den Verzweigungen der Nerven bildet und dem äussern Rande parallel läuft, auf die entgegengesetzte Seite liegen, so dass die Borsten, die vorher gekreuzt waren, sich nach ihren betreffenden Seiten richten; bei genauer Untersuchung zeigt sich, dass beide Hälften ganz dicht einander anschliessen, den zwischen

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03647-0139-9

denselben liegenden Raum hermetisch verschliessend. Gleichzeitig, während das dichtere Schliessen und das Umwenden der Blattränder mit den Borsten vor sich geht, bemerkt man, dass die Spreiten weniger erhoben wurden, als früher, und sich gerade machten und also den Raum verengern, den sie zwischen sich einschliessen; dadurch drücken sie auf den gefangenen Gegenstand und können ihn sogar zerquetschen, wenn es ein zartes Insekt ist, so dass es stirbt; die Verengung ist gewöhnlich eine so starke, dass man fast immer von Aussen an einer geringen Erhabenheit den Platz sehen kann, wo das Insekt sitzt.

Die ganze Folgerichtigkeit dieser Erscheinungen und die Gründe derselben lassen sich erklären.

Bei der ersten Reizung verkürzt sich die innere Seite des Blattes so viel, dass sich seine beiden Hälften schliessen und mit ihren hervorragenden Theilen aufeinader drücken, an deren Scheiteln die Borsten sitzen. Fast die ganze innere Fläche des Blattes verkürzt sich, mit Ausnahme desjenigen Theiles, welcher hinter dem Nervennetze liegt und die Borsten trägt; dass sich dieser Theil nicht verkürzt, zeigt sein Aussehen und unmittelbare mikroskopische Beobachtungen.

Wenn sich die Reizung nicht wiederholt, so bleibt das Blatt in solchem fast ganz geschlossenem Zustande und dann beginnt es sich wieder zu öffnen. Wenn aber das gefangene Insekt, indem es sich zu befreien strebt, wiederholt von Neuem das Blatt reizt, so zieht sich die innere Seite noch mehr zusammen, die Blattränder beginnen stärker auf einander zu drücken und da sie selbst bei der Verkürzung nicht mitwirken, (folglich auch nicht bei der äusserlichen Ausdehnung) so müssen sie sich zuerst parallel ihrer Oberfläche dicht an einander schliessen, bis zur Stelle, wo von Innen die Zusammenziehung und von Aussen die Ausdehnung beginnt, d. h. bis zum äusseren Rande des Netzes; dann zeigt es sich, dass sich die Borsten nicht kreuzen, sondern in geraden parallelen Reihen stehen; bei weiterer Reizung, wenn noch stärkere Zusammenziehung entsteht und wenn sich die äusseren Ränder schon so weit näherten, dass die Annäherung bis zum Rande des Netzes ging und wenn folglich die weitere Verkürzung der innern Oberfläche schon nicht mehr auf sie wirken kann, und der weitere gegenseitige Druck der sich zu verkürzenden Seiten durch die gegenseitige gerade entgegengesetzte Wirkung paralysirt wird, so zeigt dieser Druck seine Wirkung durch Verkürzung der äussern convexen Seite und deshalb

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr03647-0140-0

ist die Erhabenheit nach einigen Stunden weniger bemerkbar und das Blatt verflacht sich, so zu sagen, etwas; da die Zusammenziehung der äussern Seite sich auf die ganze untere Oberfläche ausdehnt, so ist es verständlich, dass die Epidermis-Zellen, indem sie sich zusammenziehen, auch diejenigen Zellen, welche sich oberhalb des Netzes befinden, näher zum Blattrande ziehen müssen, und deshalb dieser Rand mit den Borsten sich etwas nach der entgegengesetzten Seite überschlägt; dann ist es deutlich zu sehen, dass beide Blatthälften hermetisch dicht längs des innern Randes des Nervennetzes schliessen. Der Fortpflanzung dieser Zusammenziehung auf die untere Epidermis des Randes stellten sich keine Hindernisse entgegen und deshalb biegt er sich um; die Verbreitung der Verkürzung auf die obere Epidermis des Randes ist aus rein physischen Gründen unmöglich.

Zum Beweise meiner Erklärung, die etwas von derjenigen von Darwin abweicht, führe ich folgende Versuche an:

Am 13. Oktober 1875 wurde ein gesundes Blatt der *Dionaea* ausgesucht und nach der Markirung der Punkte und Messung der Entfernungen zwischen denselben blieb es bis zum 16. October, desshalb, um die Grösse des Zuwachses zu erfahren. Am 16. October wurden wieder Messungen vorgenommen, dann wurde eine lebende Fliege auf das Blatt gelegt, das Blatt schloss sich und nach 3 Minuten wurden die Entfernungen wieder gemessen; den 17. October wurden wiederholte Messungen angestellt. Hier folgen die erhaltenen Zahlen (Nr. 1 bei den Borsten, Nr. 8 beim Nerve):

Nr. der Punkte.	13. Oct.	16. October. v. d. Reizg.	16. October. n. d. Reizg.	17. Oct.	
1	$10^3/_4$	$10^3/_4$	$10^3/_4$	$10^3/_4$	
2	$11^1/_2$	$11^1/_2$	$11^1/_2$	12	Auf dieser Stelle lag die Fliege.
3	$12^1/_2$	$12^1/_2$	$12^3/_4$	13	
4	$12^1/_4$	$12^1/_4$	$12^1/_2$	$12^3/_4$	
5	$12^1/_2$	$12^1/_2$	$12^3/_4$	$12^1/_4$	
6	$12^1/_4$	$12^1/_4$	$12^3/_4$	$12^1/_4$	
7	$10^1/_2$	$10^1/_2$	$11^1/_2$	12	
8					

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr03647-0141-6

Diese Zahlenreihe zeigt, dass bei der ersten Reizung die äussere Seite sich fast längs der ganzen Oberfläche ausdehnte, mit Ausnahme des obern Randes, dass alsdann am andern Tage nachdem die Fliege schon todt war, diese Ausdehnung sich verminderte, aber nur da, wo diesem kein Hinderniss entgegenstand, d. h. da, wo die Fliege nicht sass; an dieser Stelle vergrösserte sich die Ausdehnung noch mehr aus leicht verständlichen Ursachen; an einer Stelle (zwischen Punkt 5 und 6) schien sich das Gewebe sogar stärker zusammengezogen zu haben, als es sich gehört hätte, und nahm sogar geringeren Umfang an, als es zu Anfange der Untersuchung besass, aber diese scheinbar sonderbare Erscheinung erkläre ich damit, dass an dieser Stelle wahrscheinlich eine leichte Erhabenheit nach dem geschlossenen Raum war. Der Umstand, dass hier kein Zuwachs beobachtet wurde, sondern eine einfache Ausdehnung des Gewebes und nachherige Zusammenziehung, kann dem Vorhergesagten nicht als widersprechend betrachtet werden. Das früher beschriebene hermetische Schliessen in Folge stärkerer Reizung geschieht in kurzer Zeit, nicht später als 2—3 Stunden nach dem Beginne des Versuches, so dass also diese Zeit nicht genügend ist um die Ausdehnung in einen Zuwachs zu verwandeln; ausserdem war die Jahreszeit, in welcher der Versuch gemacht wurde, nicht günstig für das Wachsthum; ich bin überzeugt, dass unter günstigeren Verhältnissen für das Wachsthum, eine so starke Zusammenziehung nicht hätte beobachtet werden können und sie wäre nur eine partielle gewesen.

Zur Bestätigung obiger Erklärung spricht noch folgender Versuch: Wenn man auf einer Hälfte des geschlossenen Blattes von Aussen längs der Blattspreite einen Schnitt macht, indem man nur die Epidermis durchschneidet, so bemerkt man nach einiger Zeit, dass längs dieses Schnittes eine starke Einbiegung nach dem Innern des geschlossenen Raumes stattgefunden hat; dazu genügt nicht allein einen Schnitt zu machen, sondern sogar die Haut leicht zu ritzen; wenn man einige solche oberflächliche Einschnitte macht, so dringt die verwundete Hälfte gänzlich in das Innere des Blattes, so dass beide auf ihrer ganzen Ausdehnung fast dicht aneinander liegen und diese Seite anstatt erhaben, eingebogen erscheint; jeder Theil der eingeschnittenen Hälfte erscheint von Aussen erhaben, so dass es scheint als wären es kleine Walzen.

Dieser Versuch zeigt, dass im geschlossenen Blatte zwischen der äussern Seite desselben, und der innern sich verkürzenden

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr03647-0142-2

eine Spannung des Gewebes existirt und dass erstere der Verkürzung Hindernisse entgegenstellt und deshalb, wenn man einen Einschnitt in der Oberhaut macht, schwächt man diesen Widerstand und daher wird die Biegung oder der Eindruck stärker; der Versuch mit mehreren parallelen Einschnitten, wo sich in Folge derselben die äussere Oberfläche eingebogen und scheinbar in so viele Stücke gebrochen zeigte, als Einschnitte gemacht waren, zeigt, dass die Verkürzung auf der ganzen inneren Oberfläche des Blattes geschieht.

Zur Erklärung der Ursachen der Biegung und des eigentlichen Wesens der Erscheinung der Verkürzung des Blattes können noch folgende Fakta dienen.

Wenn man aus einem alten, zum Verkürzen nicht mehr fähigen, jedoch turgescirenden und dem Anscheine nach völlig gesunden Blatte Streifchen parallel den Nebennerven (und perpendikular dem Hauptnerve) ausschneidet, so machen diese Streifchen, wenn sie in Wasser, reines oder verdünntes Glycerin, gelegt werden, keinerlei Biegungen, sogar nach Verlauf einiger Stunden nicht. Wenn man diese Versuche mit Streifchen wiederholt, die aus oben durch Reizung geschlossenen Blättern geschnitten waren, so erhält man folgendes Resultat: Im Augenblicke des Ausschneidens wurde das Streifchen etwas mehr gebogen, als es bisher war. Ins Wasser gelegt verstärkt sich seine Biegung in früherer Richtung soweit, dass es sich in einen Kreis zusammendreht, wobei derjenige Theil der Spreite, welcher sich hinter dem Netze befindet und der die Borsten trägt, nicht in diesen Kreis einbegriffen ist, an der Biegung gar nicht Theil nimmt und an demselben als ein seitliches Anhängsel hängt; das in reines oder verdünntes Glycerin gelangte Streifchen wird ganz gerade: diese wie jene Bewegung geschieht in weniger als einer halben Stunde, selten nach längerer Zeit; wenn man das Streifchen bis zum nächsten Tage im Wasser liegen lässt, so hat es noch dieselbe Lage wie beim Beginne des Versuches beibehalten, aber bei dem in Glycerin gelassenen zeigt sich eine starke Biegung in entgegengesetzter Richtung, d. h. die untere Seite war eingebogen, aber dass Streifchen war schon sehr welk und hatte die Turgescenz verloren; in Wasser gelegt, zeigt sich in einigen Stunden eine Biegung in der frühern entgegengesetzten Richtung. Wenn man ein durch Reizung geschlossenes Blatt abschneidet und in's Wasser legt, so schliesst sich dasselbe nach kurzer Zeit hermetisch und dicht, während sich die Ränder mit den Borsten abwenden, wie dies bei starker

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03647-0143-8

Reizung der Fall ist. Das vorsichtige Abschneiden der Blattspreite vom Blattstiele bewirkt nicht das Schliessen derselben; es geschieht auch am andern Tage nicht, obgleich das Blatt schon etwas von seiner Turgescenz verloren hat, sogleich nach einer Berührung am Härchen schliesst es sich jedoch.

Die Versuche mit Glycerin, d. h. mit einem wasserentziehenden Körper, zeigen, dass durch den Verlust an Wasser in den Zellen der Epidermis der Unterseite sich der Widerstand dieses Gewebes vergrössert, welchen es der Ausdehnung durch die Zellen der Gewebe der obern (sich schliessenden) Seite des Blattes entgegenstellt.

Die Versuche mit Wasser lieferten ganz unerwartete Resultate; durch das Einsaugen des Wassers vergrösserte sich blos die Turgescenz der unteren Blattseite (oder nur der Epidermis?) und desshalb schloss sich das Blatt noch mehr. Wenn die Verkürzung und Schliessung des Blattes nur von dem Ausscheiden des Wassers durch das sich zusammengezogene Gewebe abhienge, so müsste man eher eine entgegengesetzte Wirkung erwarten, nämlich, dass das die Turgescenz verlierende Gewebe mit grösserer Gier Wasser einsaugte; und die Biegung sich vermindern müsste. Die bemerkte Erscheinung kann man auch damit nicht erklären, dass z. B. die untere Epidermis das Wasser rascher einsaugt als die obere (obgleich wirklich die Epidermis der untern Seite eine bemerkbar dünnere Membran besitzt, als die Epidermis der obern Seite, bei welcher die Cuticula zwar dünn ist, aber bei der die Zellwände, welche der Oberfläche des Blattes parallel liegen, sehr dick sind), weil sich weder die Richtung der Biegung, noch die Grösse derselben im Verlaufe von 15—20 Stunden verändert.

Auf diese Weise haben wir in der Bewegung der Blätter von *Dionaea* ein interessantes und, wie es scheint, bis jetzt einziges Beispiel einer aktiven Gewebeverkürzung, sichtlich nicht verbunden mit Verlust an Turgescenz und mit Verminderung der Spannung der sich zusammengezogenen Seite. Ist nun aber diese Verkürzung mit Vergrösserung der Spannung dieser Seite verbunden, d. h. mit Vergrösserung der von ihr sich entwickelnden Kraft? Logisch folgernd, muss man anerkennen, dass während des Schliessens des Blattes die sich zusammenziehende Seite mehr Kraft besitzt, als ihr die andere, convexe Seite, entgegenstellen kann; im Momente der Ruhe sind beide Kräfte gleich und deshalb findet keine Schliessung statt. Experimentale Beweise habe ich für diese Annahme keine; es gelang mir noch nicht einen Apparat

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr03647-0144-3

zu erfinden, welcher zeigte, mit welcher Kraft sich das Blatt zusammen schliesst und wie stark der Widerstand ist, den das Blatt überwinden kann, wenn es zum Oeffnen irgend ein Hinderniss trifft.

Sichtlich schliesst sich aber das Blatt mit grösserer Kraft, als es sich öffnet, weil zum Oeffnen der Hälften des geschlossenen Blattes mehr Kraft angewendet werden muss, als zum Zusammenklappen — aber es kann sein, dass dies nur so scheint.

Kann man auf diese Weise als bewiesen betrachten, dass sich beim Schliessen des Blattes eine gewisse Kraft entwickelt, welche sich bis dahin nicht zeigte, so entsteht die Frage: Woher kommt diese Kraft und wie kann sie momentan entstehen?

Auf diese unwillkürlich auftretende Frage kann man mit voller Bestimmtheit nicht antworten. Es sind zwei Erklärungen möglich.

Entweder geht hier eine aktive Zusammenziehung der Zellen (des Plasma) auf einer und folglich passive Ausdehnung auf der anderen Seite vor sich, d. h. Molekular-Translocation, wie Prof. Cohn diese bei einigen Pflanzen voraussetzte, — wie in neuerer Zeit Heckel sie zu beweisen sich bestrebt und wie sie für die Muskelverkürzungen angenommen ist.

Oder dieses Vorscheinkommen der Kraft ist die Folge der Störung des Gleichgewichtes in der Spannung des Gewebes, hervorgerufen durch die Ausscheidung von Wasser aus der in ihrem Umfange verkürzten Seite. Die letztere Voraussetzung verlangt ausführliche Erklärung.

Der Zustand, in welchem sich das ungereizte Blatt befindet, ist das Resultat des Gleichgewichts zwischen zwei Kräften: einer, die sich bemüht das Blatt zu schliessen — und einer andern, die sich bemüht dasselbe zu öffnen. Es ist möglich, und wird durch einige Thatsachen bestätigt, dass dieses Gleichgewicht aus folgenden Ursachen hervorgehen könnte: die obere (sich verkürzende) Seite des Blattes ist kürzer als die untere, aber im ungereizten Zustande ist sie in Folge starker Turgescenz länger als die untere; ihre Zellen sind über ihr normales Maass ausgedehnt und da die Turgescenz dieser Seite stark ist, so bringt sie einen Druck auf die untere Seite hervor und zieht deren Zellen zusammen. Wenn man dies annimmt, so bestimmt sich das Gleichgewicht der Kräfte folgendermassen: auf der untern Seite — das Streben des zusammengepressten Gewebes die ihnen zukommende Grösse zu erhalten, — und auf der obern — starke Turgescenz, welcher jedoch die Elastizität der Zellenhäute entgegenwirkt, die sich bestreben, die ihnen zukommende geringere Länge zu er-

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr03647-0145-9

halten. Wenn sich in Folge der Reizung aus den Zellen der obern Seite Wasser ausscheidet, so wird das Gleichgewicht gestört und es muss sich eine um so grössere Kraft zeigen, je stärker diese Zellen ausgedehnt waren und je kürzer dieses sich verkürzende Gewebe war. Wenn man letztere Voraussetzung annimmt, so erklärt sich alsdann die ganze Erscheinung, die wir oben beschrieben haben: es wird verständlich, warum die untere Seite ausgedehnt wird und warum das Blatt sich mit aktiver Kraft schliesst. Die im Wasser beobachteten Biegungen lassen sich ebenfalls erklären: Da das ausgedehnte Gewebe der unteren Seite weniger Wasser enthält, als es aufnehmen kann, (denn jeder ausgedehnte Körper ist grösser als der nichtausgedehnte) so nimmt es davon noch auf und da die obere Seite kein Wasser mehr aufnehmen kann, weil sie sich in ihrem normalen Umfange befindet, so muss in Folge dessen die Krümmung stärker werden. Das hängt davon ab, dass der Widerstand, welchen die untere Seite der Krümmung entgegensetzt jetzt geringer ist, weil diese Seite jetzt nicht durch die Ausdehnung, sondern durch das aufgenommene Wasser ihre Länge beibehält. Zur Annahme dieser Erklärung muss man eine Voraussetzung annehmen: Im unbeschädigten Blatte muss eine Ursache vorhanden sein, welche die Zellen der obern Seite veranlasst, diese grosse Quantität Wasser einzusaugen — welche sie ohne diese Kraft, die in den Blattabschnitten nicht vorhanden ist, nicht im Stande sind aufzunehmen. Als solche Kraft kann der elektrische Zustand der Zellen dienen, — welcher auch existirt. (S. weiter unten). Wir wissen aus den Versuchen über Elektrodiffusion, dass, wenn ein positiver Strom in der Richtung der Endosmose geht, er letztere bedeutend verstärkt.

Aber diese Erklärung lässt sich nicht mit dem Vorgange in Uebereinstimmung bringen, welchen man beim Eintauchen eines Blattabschnittes in Glycerin beobachtet.

Ausserdem blieben alle Versuche sich zu überzeugen, ob sich etwa Wasser aus einzelnen Zellen während des Schliessens des Blattes ausscheidet — ohne Resultat. Das Blatt wird während des Schliessens nicht durchsichtiger, wie man erwarten könnte, wenn das ausgeschiedene Wasser die Intercellularräume einnehmen würde, welche in den Blättern der *Dionaea* sehr entwickelt sind. — Im Momente der Verkürzung scheidet sich aus keinem Schnitte der geringste Tropfen Wasser aus; ich machte Schnitte quer durch den Hauptnerv, durch die Blattspreite, schnitt die Enden derselben ab, schnitt die Spreite ab und reizte sie nach-

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03647-0146-5

her, aber niemals floss Wasser aus dem Schnitte. Ferner weist der oben beschriebene Versuch, wo das abgeschnittene Blatt sich im Laufe eines Tages nicht schloss, inzwischen an Turgescenz verlor, auf eine Erscheinung hin, die der nicht ähnlich ist, welche man bei *Mimosa, Oxalis* und andere Pflanzen beobachtet; bei ihnen findet in solchem Falle immer eine Krümmung des Blattes statt. Endlich zeigt die Fliegenfalle gar nicht die Erscheinung einer periodischen Bewegung und das Licht hat keinen Einfluss auf das Schliessen und Oeffnen des Blattes. —

Aus dem Obengesagten ist zu ersehen, dass wir in der Bewegung des Blattes von *Dionaea* eine Erscheinung haben, welche sich von der Bewegung bei *Mimosa* und andern reizbaren Pflanzen unterscheidet. Die gemeinsamen Züge bestehen bei der gleichen Schnelligkeit der Reizung, — in beiden Fällen fast momentan — darin, dass bei der Krümmung eine Seite absolut länger wird, die andere absolut kürzer, darin, dass die Reizung durch Berührung hervorgebracht wird und darin, dass die Fähigkeit gereizt zu werden durch die Wirkung von Aether oder Chloroform (zeitweise) verschwindet [1]).

Da diese Erscheinungen einige gemeinsame Eigenschaften haben, so sind sie folglich einigermassen einander ähnlich. Die Grundursache der Fähigkeit, gereizt zu werden, ist uns unbekannt sowohl bei *Mimosa* (am besten untersucht), als auch bei *Dionaea*. Alles was wir vom Wesen der Ursachen der Bewegung bei *Mimosa* wissen kann man folgendermassen ausdrücken: Durch Berührung (oder durch irgend eine andere Ursache) geht Etwas vor sich, wodurch sich aus einigen Zellen Wasser ausscheidet und dadurch wird eine Seite des Kissens kürzer, die andere drückt auf sie und so entsteht die Krümmung. In Betreff der Fliegenfalle wissen wir, durch Berührung (oder aus einem anderen Grunde) geht Etwas vor sich, wodurch die eine Seite kürzer wird, was die Krümmung hervorbringt. Für den ersten Fall *(Mimosa)* ist genau bekannt, dass die mechanische Ursache, welche die Krümmung bedingt, die Verminderung des Umfanges der Zellen ist; im zweiten Falle ist ebenfalls bekannt, dass die mechanische, die Krümmung bedingende, Ursache gleichfalls die Verminderung des Umfanges der Zellen ist. Im ersten Falle ist die Krümmung Folge des Ausscheidens von Wasser und der Verminderung der Turgescenz; im andern ist sie entweder die Folge der aktiven

1) Darwin, l. c. p. 275.

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr03647-0147-1

Verkürzung der Zellen — oder ebenfalls des Ausscheidens von Wasser. Es fragt sich jetzt, was ist das für eine Kraft, welche bald Ausscheidung von Wasser, bald die vorausgesetzte aktive Verkürzung der Zellen hervorruft? Ist es in beiden Fällen ein und dieselbe Kraft, oder nicht? Auf diese Fragen kann man zur Zeit keine Antwort geben. Als Fingerzeig zur Möglichkeit der Entscheidung derselben mögen folgende Fakta dienen.

Burdon-Sanderson [1]) fand, dass in der Blattspreite der *Dionaea*, die sich im ruhigen Zustande befindet, beständig ein Strom vom Grunde bis zur Spitze des Blattes geht und dass man diesen Strom mit Hilfe des Stromes eines Daniel'schen Elementes verstärken oder abschwächen kann, je nachdem der letztere Strom, entweder mit oder gegen die Richtung des Stromes der Blattspreite geht; wenn man das Blatt reizt, so verändert sich die Richtung des Stromes sofort in die entgegengesetzte.

Das Vorhandensein der Ströme ist auch bei *Mimosa* bekannt; es ist bekannt, dass sie sich mit dem Alter des Blattes verstärken und dass der Strom um so stärker ist, je stärker die Reizbarkeit.

Diese Fakta gaben uns volles Recht zu schliessen, dass bei Erscheinung der Reizbarkeit der elektrische Zustand der gereizt werdenden Gewebe eine wichtige Rolle spielt. Welcher Art diese Rolle ist — dies ist eine Frage der Zukunft.

Es ist möglich, dass der Strom die Aufnahme des Wassers durch die reizbaren Zellen verstärkt und dass nach seiner Unterbrechung dieser Ueberfluss, indem er sich nicht in den Zellen halten kann, ausgeschieden wird. Uebrigens — dies ist bis jetzt nur eine Hypothese.

Der Vorgang des Oeffnens der geschlossenen Blätter ist weniger dunkel, obgleich er auch von dem Charakter der Reizung abhängt. Darwin bewies zuerst genau, dass Fleisch, Insekten und überhaupt alle stickstoffhaltigen Körper, wenn sie durch das Blatt gefangen und ausgesogen werden, das Oeffnen des Blattes auf lange Zeit verhindern. Ein durch gewöhnliche Reizung geschlossenes Blatt öffnet sich gewöhnlich am Morgen des folgenden Tages, während es in den obenbezeichneten Fällen oft länger als eine Woche geschlossen bleibt; nachdem es sich ge-

---

1) Dr. Burdon-Sanderson. Proceed. Royal soc. vol. XXI. p. 495 und in Nature 1874 p. 105 und 127. — Diese Arbeit ist mir nur aus dem Auszuge in der Botan. Zeitung 1874 bekannt.

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr03647-0148-6

öffnet hat, erhält es nach einiger Zeit wieder die Fähigkeit sich zu schliessen.

Ein vollkommen gesundes Blatt kann man jeden Tag reizen und es wird auf diese Reizung reagiren, aber die Fähigkeit sich wieder ganz zu öffnen, geht schnell verloren. Am 31. Juli des vorigen Jahres wurde zum Versuche ein ausgezeichnet entwickeltes Blatt ausgewählt und gereizt; am 1. August öffnete sich das Blatt vollkommen und schloss sich durch Reizung wieder; am 2. August geschah dasselbe, aber am 3. August öffnete es sich schon schwächer, am 4. noch weniger, am 5. ebenfalls wenig, 6. und 7. fast gar nicht, verlor aber alle diese Tage nichts von seiner Reizbarkeit, indem es sich momentan schloss; am 7. wurde der Versuch unterbrochen. Als ich diese Versuche später im Herbst und im Winter wiederholte und zwar an Pflanzen die im Laboratorium in einer Temperatur nicht unter 15—17° C. gewachsen waren, so schlossen sich gewöhnlich die vollkommenen, nicht sehr alten Blätter (es erschienen den ganzen Winter durch neue Blätter) sehr rasch in Folge der Reizung, oder nur etwas langsamer als im Sommer, aber das Oeffnen geschah sehr langsam, selten am folgenden, öfter am 2., 3., oder sogar am 4. Tage.

Aus dem zu Anfange dieses Kapitels Dargelegten ersieht man, dass jede Oeffnung des Blattes mit einem Zuwachse seiner früher concaven Seite verbunden ist; folglich hängt die Langsamkeit, welche man nach 2—3 maligem Oeffnen bemerkt, davon ab, dass der Zuwachs erschwert ist. —

Wenn dies der Fall ist, so entsteht die Frage: Was ist die Ursache des beschleunigten Wachsthums der concaven Seite, als Folge dessen das Oeffnen des Blattes erscheint?

Eine Antwort auf diese Frage ist auch möglich, wenigstens kann man die folgende Lösung als wahrscheinlich betrachten. Sie bezieht sich gleichermassen auf *Drosera*, wie auf *Dionaea*.

Ich bemerke im Voraus, dass sie nicht im Geringsten davon abhängt, was für eine Erklärung der Ursachen des Schliessens der Blätter von *Dionaea* man annimmt. Diese Erscheinung hängt ohne Zweifel von der Veränderung in der Spannung der Gewebe ab, welche hier keine wichtige Rolle spielt.

Aus den Beobachtungen von H. de Vries [1]) wissen wir, dass fast alle Blätter derart wachsen, dass die obere Seite der-

1) H. de Vries. Ueber einige Ursachen der Richtung bilateralsymmetrischer Pflanzentheile. Arbeiten des bot. Instit. in Würzburg. 1872. Heft 2 p. 276.

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr03647-0149-5

selben, in einer bestimmten Wachsthumsperiode beginnend bis zur Zeit des gänzlichen Aufhörens des Wachsthums, stärker wächst oder den Drang hat stärker zu wachsen (oder grössere Fläche zu erreichen) als die untere Seite; er nannte diese Eigenschaft Epinastie; diesem Streben wirkt der Einfluss der Schwerkraft, des Lichts u. s. w. entgegen; in Folge dessen entsteht die oder jene Lage des Blattes im Verhältnisse zum Horizonte, d. h. die Lage des Blattes ist der Ausdruck der Wirkung der resultirenden Kraft zwischen einander gerade gegenüberstehenden Kräften. Diese Ausführungen sind ganz anwendbar auf unsere Pflanzen. *Drosera* hat auffallend ausgeprägte Epinastie: im jungen Zustande sind die Theile des Blattes so zusammengewickelt, dass die obere Seite concav ist, dann wickelt sich das Blatt auf und auch die Drüsen empfangen bestimmte Lage; unter normalen Verhältnissen stellen sich fast alle Theile horizontal; die alten Blätter haben auffallend nach unten gebogene Drüsen, d. h. ihre obere Seite ist convex; dasselbe bemerkt man, wenn auch in geringerem Masse, auch bei den Blattspreiten — folglich überwältigt die Epinastie alle entgegenstehenden Einflüsse. Das Gleiche bemerkt man auch bei *Dionaea;* im jungen Zustande sind beide Blatthälften mit der oberen Seite zusammengewickelt, dann öffnet sich die Blattspreite, d. h. das Wachsthum der oberen Seite verstärkt sich; im älteren Zustande überwältigt die Epinastie ebenfals alle anderen entgegenstehenden Einflüsse und das Blatt dreht sich ganz nach der andern Seite, wie die Drüsen bei *Drosera.*

(Schluss folgt.)

Redacteur: Dr. Singer. Druck der F. Neubauer'schen Buchdruckerei (F. Huber) in Regensburg.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03647-0150-6

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Flora oder Allgemeine Botanische Zeitung

Jahr/Year: 1877

Band/Volume: 60

Autor(en)/Author(s): Batalin Alexander Feodorowicz

Artikel/Article: Mechanik der Bewegungen der insektenfressenden Pflanzen 129-144