FLORA.

№. 32.

Regensburg. Ausgegeben den 10. November. **1862.**

Inhalt. W. Hofmeister: Ueber die Mechanik der Reizbewegungen von Pflanzentheilen. — Wilh. Ritter von Zwackh: Enumeratio Lichenum Florae Heidelbergensis. (Fortsetzung.) — Anzeige.

Ueber die Mechanik der Reizbewegungen von Pflanzentheilen von W. Hofmeister.

In einer nicht ganz vor Jahresfrist veröffentlichten Arbeit über die Diffusion von Flüssigkeiten durch permeable Scheidewände[1]) hat Graham, zunächst den Zweck verfolgend, die Anwendbarkeit der Diffusion zur chemischen Analyse zu zeigen, eine Reihe von Thatsachen mitgetheilt und Anschauungen entwickelt, welche den Gegenstand seiner Untersuchung vielfach in neues Licht stellen. Graham geht von der Darlegung aus, dass zwischen den Diffusionsvermögen verschiedener Substanzen Differenzen ähnlicher Art obwalten, wie zwischen der Spannkraft der Dämpfe verschiedener Stoffe. Die äusserst langsam diffundirenden, bezüglich ihrer Diffusionsfähigkeit festen Körpern vergleichbaren Substanzen, wie die Hydrate der Kieselsäure, der Thonerde und analoger Metalloxyde, des Amylum, das Dextrin, die Gummiarten, das Caramel, der Gerbstoff, das Albumin, der Leim — Substanzen die sich auszeichnen durch den gallertartigen Zustand ihrer Hydrate, ihre leichte Fällbarkeit aus wässerigen Lösungen, ihre chemische Indifferenz — diese Stoffe belegt Graham mit dem Namen der Colloidsubstanzen, ihre Aggregatform mit dem des Colloidzustandes der Materie. Dieser Aggregatform ist die des Krystalls entgegengesetzt. Substanzen, welchen die Fähigkeit innewohnt, Krystallform anzunehmen, nennt Graham Kry-

1) Philos. Transactions 1861, p. 183. ff.; übersetzt in Annalen der Chemie und Pharmacie, 1862 S. 1 ff.

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05977-0533-5

stalloidsubstanzen. Zu ihnen gehören alle die Stoffe, deren Diffusionsfähigkeit sehr gross ist, wie Kalihydrat, Zucker u. s. w.

Die relativ geringe Diffusionsfähigkeit der Colloidsubstanzen, die relativ grosse der Krystalloidsubstanzen tritt in besonders schlagender Weise dann hervor, wenn beiderlei Stoffe in eine über ihnen stehende Wassersäule diffundiren, ohne durch eine permeable Scheidewand von dieser getrennt zu sein. Graham brachte die zu untersuchenden Lösungen auf den Grund eines mit reinem Wasser gefüllten cylindrischen Glasgefässes von etwa 125 m. m. Tiefe. Das Gefäss wurde in constanter bei Parallelversuchen gleicher Temperatur (10° C) erhalten. Nach Verlauf einer bestimmten Zeit (14 Tage) hob Graham aus dem Gefässe mittelst eines Hebers, von oben nach unten fortschreitend, Schichten von je $^1/_{16}$ der Flüssigkeitsmasse, und untersuchte diese auf den Gehalt an gelöster, durch Diffusion in sie eingedrungene Substanz. Dieser Gehalt betrug beispielsweise

	bei Chlornatrium	Zucker	Arab. Gummi
In der obersten Schicht	0,104	0,005	0,003
„ „ 8ten „	0,535	0,180	0,031
„ „ 15u. 16ten „	2,266	3,783	5,601

Gerbsäure	Albumin	Caramel
0,003	0	0
0,0031	0,010	0,010
6,091	6,725	7,206

Die Zeiten gleicher Diffusion verschiedener Stoffe stellen sich wie folgt: Salzsäure = 1, Chlornatrium = 2,33, Zucker = 7, schwefelsaure Magnesia = 7, Eyweiss = 46, Caramel = 98.

Bei gleichzeitiger solcher Diffusion verschieden diffundibler Substanzen verbreitet sich die von grösserer Diffusionsfähigkeit schneller in den oberen Wasserschichten, als die andere. Schon das gibt ein Mittel zur Trennung zweier derartiger Substanzen an die Hand. Noch weit vollständiger aber gelingt die Trennung, wenn das Gemenge der Lösungen durch eine permeable, aus Colloidsubstanzen bestehende Scheidewand mit einer sehr grossen Wassermenge in Verbindung gesetzt wird, ein Verfahren, das Graham als Dialyse bezeichnet. So verlor z. B. eine Lösung von Kieselsäure, erhalten durch Zusatz von kieselsaurem Natron zu verdünnter Salzsäure in 24 Stunden 5% ihres Kieselsäure- und 85% ihres Salzsäuregehaltes; nach vier Tagen hatte sie allen

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05977-0534-1

ihren Gehalt an Chlorwasserstoffverbindungen eingebüsst. Arabisches Gummi verliert bei fortgesetzter Dialyse alle fremden Beimengungen bis auf 1% Asche; Eyweiss enthält nach 3—4 tägiger Dialyse keine Spur von Asche mehr.

Die gallertartigen Massen, welche streng genommen im Wasser unlösliche Colloidsubstanzen, wie Stärkmehl, thierischer Schleim, Pflanzengallerte und viele andere mit Wasser bilden, gestatten — trotzdem dass sie keine ächten Lösungen sind — und zwar in höherem Grade als Wasser selbst, diffusibleren Substanzen den Durchgang. Dagegen setzen sie dem Durchgang minder diffusibler Substanzen einen grösseren Widerstand entgegen. Colloidsubstanzen, die in der Lösung sich befinden, werden gar nicht durchgelassen. Die gallertartige Masse verhält sich in dieser Beziehung thierischen Membranen gleich. Schon eine sehr dünne Schicht besitzt diese Eigenschaften. Wurde z. B. auf ein bis zum Rande mit Wasser gefülltes Gefäss ein Blatt mit Stärkmehl geglätteten Postpapiers gelegt, die Mitte dieses Blattes seicht eingedrückt, und in die Vertiefung eine 10% Lösung zur Hälfte von arabischem Gummi, zur Hälfte von Rohrzucker gebracht, so enthielt nach vierundzwanzig Stunden, während die Flüssigkeit auf dem Blatte durch Endosmose merklich zugenommen hatte, das Wasser des Gefässes drei Viertheile des auf das Papierblatt gebrachten Zuckers, und zwar in solcher Reinheit, dass er beim Abdampfen im Wasserbade krystallisirte.

Alle organisirten Substanzen sind Colloidsubstanzen. Der Unterschied eines Colloid- und eines Krystalloidstoffes entspricht dem, welcher zwischen dem Material eines organisirten Körpers, und dem eines Minerals besteht. — Der Colloidcharacter wird durch den Uebergang in den flüssigen Zustand nicht aufgehoben, er ist also mehr als nur eine Modification des physikalischen Zustandes starrer Substanzen. Einige Colloidsubstanzen sind im Wasser löslich, andere nicht, einige bilden mit wenig Wasser feste Verbindungen, andere nicht. In diesen Punkten besteht unter ihnen eine ähnlich grosse Verschiedenheit der Eigenschaften wie unter den Krystalloidsubstanzen.

Alle Umsetzungen von Colloidsubstanzen erfordern relativ beträchtliche Zeit. Die Lösung einer Colloidsubstanz geht langsam vor sich, verglichen mit der einer Krystalloidsubstanz. Die Temperaturerhöhung, welche bei dieser sich zeigt ist bei jener ganz unmerkbar. Die Lösung von Colloidstoffen ist in con-

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05977-0535-7

centrirtem Zustande zähe flüssig. Obwohl zum Theil in hohem Grade löslich, werden die Colloidsubstanzen doch nur von einer merkwürdig geringen Kraft in Lösung erhalten. Sie werden bei Versetzen der Lösung mit bestimmten Krystalloidsubstanzen sehr leicht ausgeschieden oder gefällt. Aber auch sich selbst überlassen sind sie leicht veränderlich. Eine Aeusserung dieser Eigenschaft ist die, wie es scheint, allen flüssigen Colloidsubstanzen zukommende pectöse Modification, wie sie ausser bei derartigen organischen Stoffen z. B. auch bei der wässerigen Lösung des Kieselsäurehydrats beobachtet wird.

„Der Colloidzustand ist der dynamische Zustand der Materie, „während der krysallinische der statische ist. Den Colloidsub„stanzen wohnt Thätigkeit (energia) inne. Wir können sie als „die wahrscheinliche erste Quelle der Kraft betrachten, welche „bei Lebenserscheinungen sich zeigt. Der Allmäligkeit, mit wel„cher Veränderungen in Colloidsubstanzen auftreten (denn solche „Veränderungen erfordern immer Zeit als eine wesentliche Be„dingung) mag auch wohl die charakteristische Langsamkeit zu„geschrieben werden, mit welcher chemisch-organische Umsetz„ungen stattfinden."

Aus diesen Ausführungen und Andeutungen Grahams, welche unmittelbar und mittelbar für die Pflanzenphysiologie anregend und fruchtbringend wirken werden, will ich hier die Erwähnung des leichten Uebergangs von Colloidsubstanzlösungen in einem pectösen Zustand auswählen, um ihren Zusammenhang mit der von mir angestrebten Auffassungsweise des Mechanismus pflanzlicher Reizbewegungen darzuthun.

Seitdem Brücke, Lindsay's Angaben weiter ausführend, gezeigt hat [1])dass die Reiz- und Schlafbewegungen der Blätter von *Mimosa pudica* nicht auf der Contraction von Geweben der Seite der Gelenkpolster beruht, nach welcher hin die eintretende Bewegung gerichtet ist, sondern auf der Expansion der Gewebe der entgegengesetzten Seite der Gelenkpolster, auf einer Expansion, die bei der Reizung sich dadurch frei äussern kann, dass die gegenüberliegende Hälfte des Gelenkpolsters erschlafft, das ihr innewohnende Expansionsstreben in Folge der Reizung vorübergehend einbüsst; und die beim Eintritt der Nachtstellung durch Anwachsen des Expansionsstrebens der oberen Hälfte des Blattkissens die Expansion der unteren Hälfte desselben überwältigt, — seit dieser Darlegung Brücke's

1) Müllers Archiv f. Anatomie u. Physologie, 1848, S. 442.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05977-0536-3

muss in allen Fällen der Reizbarkeit pflanzlicher Organe bis zum Beweise des Gegentheils angenommen werden, dass die Reizbewegungen nicht durch Zusammenziehung bestimmter Gewebspartieen, sondern durch ein Spiel wechselnder Zunahme und Abnahme des Ausdehnungsstrebens einander entgegenwirkender Parenchymmassen zu Stande kommen.

Die fortgesetzte Beobachtung hat denn auch seit 1848 keinen Fall kennen gelehrt, in welchem die auf Reizung eintretende Bewegung eines Pflanzentheils durch eine Contraction vom Zellgewebe bewirkt würde, welches bis zum Eintritte der Reizung im Ausdehnungsstreben, oder in Indifferenz war. Alle beobachteten pflanzlichen Reizbewegungen werden dadurch vermittelt, dass eine bis zum Augenblick der Reizung im lebhaften Ausdehnungsstreben begriffene Parenchym-Masse in Folge der Reizung dieses Ausdehnungsstreben verliert, so dass Kräfte, welche bis dahin durch dasselbe überwältigt wurden, nunmehr auf Richtung und Form des betreffenden Pflanzentheils ändernd einwirken können. Es gehören hieher auch ganz besonders die reizbaren Filamente der Staubgefässe von *Centaurea*, mit deren Bewegungen neuerdings Cohn sich eingehend beschäftigt hat. Diese verkürzen sich auf Reizung sehr beträchtlich: eine Bewegung, die ganz wie eine aktive Zusammenziehung aussieht. Aber dieselbe Verkürzung tritt auch, wie Cohn bereits erwähnte, beim Welken des Filaments ein. Wird jetzt das Filament mechanisch gedehnt (durch Ziehen an beiden Enden) so lässt es sich zur Länge ausziehen, die es bei vollem Turgor, vor einer Reizung besass. Werden nun beide Enden des Filaments plötzlich losgelassen, so schnellt es auf die frühere Kürze zusammen, vermöge der Elasticität seiner Epidermis. Es bedarf keines weitern Beweises dafür, dass auch hier die Reizbarkeit nur darauf beruht, dass bei der Reizung die Expansion des Parenchyms des Filaments plötzlich aufhört, um bei Ruhe des Organes wieder einzutreten und allmälig die frühere Grösse wieder zu erlangen. Der Ausdruck „contractile Gewebe" ist hier vollkommen unzulässig, er kann nur zu Missverständniss führen.

Ich habe mehrfach dargethan [1]) dass das Streben, einen grösseren Raum einzunehmen, als die Widerstand leistenden Theile des Pflanzenkörpers gestatten, eine allgemeine Eigenschaft des saftigen Parenchyms der Pflanzen ist; dass dieses Ausdeh-

1) Sitzungsber. K. Sächs. Ges. d. Wiss. 1859. 191. 1860 179. Pringsheim's Jahrb. B. II. 36. 3. B. III. 36. 2.

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05977-0537-9

nungsstreben, zum Theil, wahrscheinlich zum weitaus grössten Theile, seinen Sitz in den Zellhäuten hat. In der grossen Mehrzahl der Fälle wird diese Expansion des saftreichen Parenchyms durch die auf sensitive Pflanzen als Reize wirkenden Einflüsse von aussen, insbesondere durch mechanische Erschütterung, nicht wesentlich beeinträchtigt. Die allgemein auf starke Erschütterung eintretenden Richtungsänderungen saftreicher Pflanzentheile beruhen auf Erhöhung der Dehnbarkeit eines Theils der dem Ausdehnungsstreben des Parenchyms Widerstand leistenden, passiv gedehnten Gewebe[1]). Es sind nur einzelne Pflanzen, und an diesen nur bestimmte, eng umgränzte Gewebsmassen, welche durch Reizung ihr Ausdehnungsstreben vorübergehend verlieren; deren reizbare Theile durch die Reizung erschlaffen, und in einen Zustand gerathen, vermöge desselben ihre Theile durch auf sie einwirkende Kräfte verschoben, ihre Masse auf einen kleineren Raum zusammen gedrängt werden kann.

Eine derartige Verminderung des Volumens der reizbaren Gewebemassen ist zwar in keinem beobachteten Falle sehr beträchtlich; in einigen aber, wenn auch nur gering, doch unzweifelhaft. Da alle reizbaren Gewebe aus flüssigkeitsgefüllten Zellen mit von Flüssigkeit durchtränkten Wänden ohne alle Intercellularräume bestehen[2]), tropfbare Flüssigkeiten aber so gut wie gar nicht compressibel sind, so kann die Raumverminderung des von den benachbarten Geweben zusammengedrückten, in Folge des Reizes erschlafften irritablen Gewebes nur dadurch zu Stande kommen, dass es einen Theil seines Wassergehalts abgibt.

Eine lange Reihe von Thatsachen spricht dafür, dass das Ausdehnungsstreben der Membranen des saftreichen Parenchyms auf der fortgesetzten Aufnahme von Wasser, der Einlagerung von Wassermoleculen zwischen die Molecule der Membran beruht. Wasserentziehung durch mässige, das Leben noch lange nicht schädigende Verdunstung vermindert jenes Expansionsstreben. Reichliche Wasserzufuhr, namentlich das Einlegen zerschnittener Pflanzentheile in Wasser steigert es zum höchsten Grade. Die Einbringung von Pflanzentheilen in energisch Wasser anziehende Lösungen, wie die von Gummi und Zucker, macht es sinken. Alle diese Erscheinungen

1) Berichte der K. sächs. Ges. d. W. 1859. S. 192.

2) Diese allgemeine Eigenschaft der thätigen Gewebe der Bewegungsorgane von Pflanzen schliesst völlig den Erklärungsversuch Brücke's (a. a. O.) aus, welcher das Dasein von der Reizung von Luft erfüllter Intercellularräume voraussetzt.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05977-0538-5

treten auch an Durchschnitten ein, deren Dicke weniger als den Durchmesser einer Parenchymzelle beträgt, bei denen also die endosmotische Wirkung des Inhalts geschlossener Zellen völlig ausgeschlossen ist, an denen nur die Substanz der Zellhäute selbst thätig sein kann.

Es liegt kein Grund vor, zu bezweifeln, dass die Ausdehnung der Gewebe, welchen durch die Erschlaffung des gereizten Parenchyms freier Spielraum zur Expansion geboten wird, durch Aufnahme von mehr Wasser, zunächst in die Membranen, und während der Ausdehnung auch in die Räume der sich vergrössernden Zellen vor sich geht. Dieses Wasser findet das schwellende Gewebe in seiner unmittelbaren Nähe verfügbar: in dem erschlafften gereizten Parenchym, dessen Erschlaffung aller Wahrscheinlichkeit nach dadurch zu Stande kommt, dass die gereizten Zellhäute Wasser abgeben. Tritt dann, bei der Ruhe des gereizten Pflanzentheils, allmälig der Turgor des irritablen Parenchyms wieder ein, so wird dieses das zu seinem Anschwellen nöthige Wasser dem antagonistischen Gewebe entnehmen, und so dessen Volumen in dem zur eigenen Wiederausdehnung unerlässlichen Maase verkleinern können.

Die Fähigkeit der lebenden pflanzlichen Zellhaut, auf geringfügige äussere Einflüsse einen Theil des an ihrer Zusammensetzung betheiligten Wassers auszustossen, bei längerer Ruhe aber eine entsprechende Menge Wassers wieder aufzunehmen — das Eine wie das andere unter entsprechender Abnahme oder Zunahme des Volumens — diese Fähigkeit ist keine vereinzelte Eigenschaft der vegetabilischen Membran, vielmehr eine den Colloidsubstanzen sehr allgemein zukommende. Sie ist es, die in dem leichten Uebergange von Colloidsubstanzen in den von Graham betonnten pectösen Zustand, in dem leichten Gerinnen dieser Substanzen ebenso hervortritt, wie in dem Wiederflüssigwerden der geronnen gewesenen bei Eintritt anderer kleiner Einwirkungen. Die Colloidsubstanzen verlieren bei den ersterwähnten Aenderungen ihres Aggregatzustandes Wasser; bei den zweiten nehmen sie dessen wieder auf. Und in Bezug auf die Geringfügigkeit der äusseren Einflüsse, auf welche hin solche Aenderungen in den Colloidsubstanzen vor sich gehen, stimmen sie völlig mit der Empfindlichkeit reizbarer Pflanzentheile überein.

(Fortsetzung folgt.)

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05977-0539-2

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Flora oder Allgemeine Botanische Zeitung

Jahr/Year: 1862

Band/Volume: 45

Autor(en)/Author(s): Hofmeister Wilhelm

Artikel/Article: Ueber die Mechanik der Reizbewegungen von Pflanzentheilen 496-503