

BOTANISCHE ZEITUNG.

Redaction: A. de Bary. L. Just.

Inhalt. Orig. J. Boehm. Ueber die Ursache der Wasserbewegung und der geringen Lufttension in transpirirenden Pflanzen. — Litt.: P. Sydow, Die Moose Deutschlands. — Personalnotizen. — Neue Litteratur. — Anzeigen.

Ueber die Ursache der Wasserbewegung und der geringen Lufttension in transpirirenden Pflanzen.

Von

Josef Boehm.

1) Einleitung.

Unter den verschiedenen pflanzenphysiologischen Problemen, welche heute noch auf der Tagesordnung sind, ist wohl das über die Ursache des Saftsteigens in den Stammpflanzen eines der ältesten und auf keine Frage lautete die Antwort im Laufe der Zeiten verschiedener als auf die: in welchen Organen und durch welche Kräfte wird das Wasser von den Wurzeln bis zu den transpirirenden Blättern gehoben?

Für den endgiltigen Beweis, dass die Aufwärtsbewegung des Saftes im Holze erfolgt, genügte ein Rindenringschnitt. — Die älteste Ansicht, dass die Gefässe des Holzes als Leitorgane dienen, musste aufgegeben werden, als man sich überzeugt zu haben glaubte, dass dieselben mit Luft erfüllt sind. — An die Stelle der gewöhnlichen Capillarattraction trat nun als Hubkraft die Osmose und es ist ganz unglaublich, was man dieser zumeist auf Grundlage von Versuchen mit thierischen und anderen Membranen in Bezug auf die Saftbewegung in den Pflanzen bis in die neueste Zeit zugemuthet hat und noch zumuthet. — Dass der Wassertransport in allen safterfüllten Geweben freilich ohne directe Beweise der Osmose zugeschrieben wurde, kann nicht befremden; durch sie, als eine *vis a tergo*, sollte aber auch die aus dem Boden aufgesogene Flüssigkeit, obwohl deren Menge durch die so variable Transpirationsintensität bestimmt wird und die durch Concentrationsdifferenzen veranlassten Flüssigkeits-

bewegungen ausserordentlich langsam erfolgen, bis in die Krone der höchsten Bäume, deren Gefässe man aber für luftefüllt hielt, getrieben werden. — In Folge des denn doch zu stark in die Augen fallenden Umstandes, dass verhältnissmässig nur wenige Pflanzen bluten und dass selbst bei diesen nach Entfaltung der Blätter aus Stammquerschnitten nicht nur kein Wasser ausgeschieden, sondern im Gegentheile dargebotenes aufgesogen wird, musste endlich auch diese Hypothese aufgegeben werden. Die hier und da, und zwar ohne jedwede sachliche Begründung, noch lautwerdende Meinung, dass bei niederen Gewächsen das Wasser durch den Wurzeldruck in die transpirirende Krone gepresst werde, ist in Anbetracht der thatsächlichen Verhältnisse gar nicht discutirbar.

Nachdem man sich nun beim Aufsuchen der Ursache des Saftsteigens im Holze, sowohl von der Capillarität als von der Osmose im Stiche gelassen sah, griff man, von völlig unzulässigen Analogien geleitet, mit wahrer Begeisterung eine Hypothese auf, welche von einem eminenten Physiker aufgestellt wurde, der jedoch von dem anatomischen Baue des Holzes offenbar keine Kenntniss hatte. So wie in einem Cylinder aus Kreide, Gyps, gebranntem Thone etc. Wasser aufwärts geleitet wird, sollte auch das Saftsteigen im Holze erfolgen.

Es ist fast ganz unbegreiflich, wie es kommen konnte, dass diese Hypothese, und zwar ohne jede kritische Prüfung, von tonangebenden Pflanzenphysiologen in der Formulirung: das Saftsteigen ist durch die Imbibitionsfähigkeit der verholzten Zellwände bedingt und erfolgt ausschliesslich zwischen den festen Molekülen derselben, als Dogma proclamirt und von der Mehrzahl der Fachmänner gläubig adoptirt werden konnte! Mein Widerspruch blieb

unbeachtet und die von mir gegebene Erklärung des fraglichen Vorganges*) wurde, mit wenigen Ausnahmen, im besten Falle ignoriert und hätte mich bald um meine wissenschaftliche Stellung gebracht. — Folgende That-sachen waren es, welche mich, abgesehen von mancherlei anderen Bedenken, zur Ueberzeugung führten, dass bei dem durch die Transpiration bedingten Saftsteigen im Holze unmöglich das Imbibitionswasser der Zellwände allein in Bewegung sein könne, sondern dass dasselbe in den Zellräumen erfolgt und durch den Luftdruck bedingt ist:

1) das saftleitende Holz enthält so viel Wasser, dass dasselbe unmöglich alles in den Zellwänden enthalten sein kann.

2) durch kaum 1 Ctm. hohe und mit Wasser injicirte Holzcyliner, welche parallel mit den Markstrahlen oder der Stammtangente geschnitten, und, um die der natürlichen Längsaxe parallel verlaufenden Gefässe auszuschliessen, mittels Siegelack in fast gleichlange Glasröhren eingekittet wurden, kann selbst bei einem Ueberdrucke von mehreren Atmosphären kein Wasser gepresst werden. Das gleiche ist der Fall bei älteren Zweigstumpfen, deren Gefässe bereits mit Thyllen oder einer gummiartigen Substanz gefüllt sind. Die Annahme jedoch, dass die Wasserhüllen der Zellwandmoleküle in der Faserrichtung absolut leicht, in der darauf senkrechten aber nur ausserordentlich schwer beweglich seien, ist widersinnig.

3) Von transpirirenden Bruchweiden, welche ich in geeigneten Gefässen aus Stecklingen zog, wurde das Quecksilber oft über 60 Ctm. gehoben. In Anbetracht des Mangels eines nachweisbaren Wurzeldruckes kann diese Erscheinung nicht durch Osmose bedingt sein.

4) Werden zu irgend einer Jahreszeit nicht zu zarte Längsschnitte durch das fungirende Holz von *Acer*, *Aesculus*, *Salix*, *Syringa*, *Tilia* etc. bei mässiger Vergrösserung in einem Tropfen gewöhnlichen oder mit Kohlensäure gesättigten Wassers beobachtet, so sieht man, dass die Luftblasen in den Tracheiden sich ausserordentlich stark contrahiren, zum Beweise, dass dieselben vor dem Einlegen der Präparate in Wasser eine sehr

geringe Tension besaßen. Die feuchte Zellwand ist nämlich leicht für Wasser, nicht aber für Luft permeabel.

Eine ganz ausserordentliche Stütze erhielt meine Theorie des Saftsteigens durch von Höhnel's handgreiflichen Nachweis, des »negativen Druckes« der Gefässluft*).

Mit dem Eindringen des Quecksilbers in die Gefässe von Zweigen, welche unter Quecksilber durchschnitten wurden, schien aber auch weiter die frühere Annahme bewiesen zu sein, dass die Gefässe ausser Luft von geringer Tension keinen Inhalt führen. — Schon in meiner Abhandlung: »Ueber die Wasserbewegung in transpirirenden Pflanzen« (Landw. Versuchsstation. 1877. 20. Bd. S. 357 — 389) habe ich jedoch gezeigt, dass dieselben im Winter bei zahlreichen Holzgewächsen zum grossen Theile mit Wasser erfüllt sind, und v. Höhnel**) war nicht wenig überrascht, als ich ihm anfangs October 1878 (Mittags, bei wolkenfreiem Himmel) demonstrirte, dass auch durch mässig lange, reich belaubt gewesene Zweigstücke von *Acer* und *Tilia*, welche unmittelbar vorher stark transpirirten, mittelst comprimirter Luft, Saft gepresst werden kann, und dass die Impermeabilität längerer Stücke durch die Jamin'sche Kette bedingt ist. Diese, für die Erklärung der Art und Weise des Wassertransportes im Holze so wichtige Thatsache, von deren Richtigkeit man sich ebenso leicht und handgreiflich überzeugen kann, wie von der geringen Tension der Gefässluft, habe ich mit allen ihren Consequenzen ausführlich erörtert in der Abhandlung: »Ueber die Function der vegetabilischen Gefässe« (Bot. Ztg. 1879. Nr. 15 u. 16). Ich hielt hiermit nicht nur die schon aus zahlreichen anderen Gründen völlig absurde Imbibitions-Hypothese endlich für immer beseitigt, sondern ich hoffte auch, dass die von mir entwickelte Theorie des Saftstei-

*) Ueber den negativen Luftdruck in den Gefässen der Pflanzen. In Haberlandt's wiss. prakt. Untersuchungen auf dem Gebiete des Pflanzenbaues. 2. Bd. 1877.

**) Beiträge zur Kenntniss der Luft- und Saftbewegung in der Pflanze. Jahrb. f. w. Botanik. 1879. 12. Bd. S. 120 ff. — Bereits in meiner am 12. Oct. 1878 gehaltenen Inaugurations-Rede, auf welche auch v. Höhnel hinweist, sagte ich (S. 9): Die vegetabilischen Gefässe fungiren nicht, oder wenigstens nicht in erster Linie als Respirationsorgane, sondern als Wasserbehälter, welches erst bei mangelhafter Zufuhr mittelst der Wurzeln, von den saftleitenden Zellen aufgesogen wird.

*) Sitzungsberichte der Wiener Akademie d. Wiss. »Ueber die Ursache des Saftsteigens in den Pflanzen«. 1863. Bd. 48 u. »Wird das Saftsteigen in den Pflanzen durch Diffusion, Capillarität oder durch den Luftdruck bewirkt?« 1864. Bd. 50.

gens (welche dahin lauten, dass der durch die Transpiration bedingte Wassertransport zum grossen Theile in den Gefässen und bei den Coniferen in den gefässartig verbundenen Tracheidensträngen erfolge und durch den Luftdruck bedingt sei) fortan als eine endgiltig erwiesene Wahrheit müsse anerkannt werden. Aus dem vor Kurzem erschienenen 1. Bande der Pflanzenphysiologie von Pfeffer ersehe ich jedoch, dass ich mich in dieser meiner Voraussetzung gründlich geirrt habe.

Nach Pfeffer existiren für die Bewegung des Wassers in der Pflanze nur zwei Ursachen: Imbibition und Osmose (S. 121) und auf S. 127 schreibt der Autor: »In jedem Falle ist so viel gewiss, dass nur vermöge der grossen Leitungsfähigkeit verholzter Elemente die innerhalb des Stammes auf enge Bahnen eingeengte Wassermenge zu passiren vermag, welche eine belaubte Landpflanze bedarf, und dass ohne diese gute Leitungsfähigkeit unvermeidlich die Pflanze welken und zu Grunde gehen würde, trotz der mit dem Wasserverluste sich immer steigernden Betriebskraft, welche in Imbibition der Wandungen und in den osmotischen Leistungen der Zellinhalte gegeben ist.« — »Im Holzkörper muss die Wasserbewegung wesentlich innerhalb der Zellwandungen vor sich gehen, da auch da das zur Deckung des Transpirationsverlustes notwendige Wasser im Holze sich bewegt, wo, wie z. B. bei den Coniferen fast nur luftführende Tracheiden ein continuirliches Gewebesystem bilden« l. c. S. 121 (vergl. auch S. 40).

Als einziger Beweis für die hohe Leitungsfähigkeit verholzter Zellwandungen für Wasser wird folgender (wenigstens dem Wesen nach) zuerst von Hartig (Bot. Ztg. 1853. S. 312, beschriebene Versuch angeführt: »Wird auf die obere Querschnittsfläche eines vertical gehaltenen Holzcyinders ein Wassertropfen gesetzt, so wird dieser sogleich eingesogen und unmittelbar darauf tritt auf der abwärts gekehrten Schnittfläche ein Wassertropfen hervor, auch wenn ein Stammstück von 1 M. Länge zum Versuche genommen wurde; beim Umkehren des Cylinders wiederholt sich sogleich das Phänomen« l. c. S. 127*.

* In meiner Abhandlung über die Function der Gefässe habe ich nachgewiesen, dass es für das Vorhandensein von auf ziemlich weite Strecken continuirlichen Wasserfäden im

Alle diese Sätze sind niedergeschrieben nach der Publication meiner citirten Abhandlungen in den Versuchsstationen und in der Bot. Ztg., auf welche ich die Leser bezüglich der Details verweisen muss. — In der Abhandlung über die Function der Gefässe habe ich den für die Erklärungsversuche des Saftsteigens fundamental wichtigen Nachweis geliefert, dass die Hohlräume des saftleitenden Holzes zu jeder Jahreszeit, also auch während der lebhaftesten Transpiration, zum grossen Theile mit Saft erfüllt sind. Dieser leicht controlirbaren Thatsache gegenüber ist die Behauptung, dass der Wassertransport von der Wurzel bis zur transpirirenden Krone in den Zellwänden des Holzes erfolge, nicht minder widersinnig, als die, dass das thierische Blut sich in den Gefässwänden bewege.

saftleitenden Holze gar keinen einfacheren und schlagenderen Beweis geben kann als den oben mit Pfeffer's Worten beschriebenen Versuch. Selbst ganz kurze Zweigstücke mit saftführenden Gefässen verlieren sofort ihre Filtrationsfähigkeit für Wasser bei sehr geringem Drucke, wenn sie mit Quecksilber injicirt werden (was jedoch bei sehr engen Gefässen nicht resp. erst bei sehr hohem Drucke gelingt) oder nachdem in die Gefässenden derselben Luft eingetreten ist (frische Weidenstecklinge vergrössern ihr Gewicht bedeutend, wenn sie sofort mit einem Ende in Wasser gestellt werden, thun dies jedoch selbst nach Anbringung frischer Schnittflächen nicht mehr, wenn sie vorher einige Zeit in Luft lagen. Nach Erfüllung der Gefässenden mit Wasser unter geeignetem Drucke verhalten sich diese Zweige jedoch wieder so wie frisch abgeschnittene). — Der in Rede stehende Versuch gelingt auch, und zwar zu jeder Jahreszeit, mit kürzeren oder längeren Stücken saftleitenden Coniferenholzes, zum handgreiflichen Beweise, dass auch bei diesen Gewächsen gefässartig communicirende Tracheidenstränge auf bestimmte Strecken ganz mit Wasser erfüllt sind (Sachs, Die Porosität des Holzes. 1877. — Boehm, Bot. Ztg. 1880. S. 36). Das Holz der drei letzten Jahresringe einer am 17. August 1880 gefällten 50jährigen Tanne enthielt, bei 95°C. getrocknet, 68,4 Proc. Wasser, und dieses soll alles in den Zellwänden imbibirt gewesen sein. — Die Hauptursache des grossen Anklages, dessen sich die Imbibitionshypothese sofort nach ihrem Bekanntwerden erfreute, war die Unkenntniss des anatomischen Baues des Coniferenholzes. In Anbetracht der widersinnigen Consequenzen, zu denen man durch die auf mikroskopischer Betrachtung basirten Annahme, dass das Holz der Gymnospermen ein Labyrinth von Capillarröhrchen darstelle, bezüglich des Saftsteigens geführt wurde, und gestützt auf Injectionsversuche, sprach ich schon vor Hartig meine Ueberzeugung dahin aus, »dass die Zellen des Coniferenholzes, so weit dieses Saft leitet, geschlossene Bläschen sein müssen.« Dass auch die Gefässe Saft führen, wusste ich damals freilich nicht.

Pfeffer ignorirt nicht nur die von mir festgestellte Thatsache der theilweisen Erfüllung der Gefäße des saftleitenden Holzes mit Wasser, sondern nimmt von der betreffenden Arbeit überhaupt gar keine Notiz*). Am Schlusse des Kapitels: »der Wassertransport in der transpirirenden Pflanze« ist S. 128 bemerkt: »Eine von Boehm (Sitzungsber. d. Wiener Akademie 1863 u. 1864.-Versuchsst. 1877. 20. Bd.) mehrfach ausgesprochene Annahme, die Wasserbewegung werde durch Elasticität der Zellwände und durch den Luftdruck vermittelt, ist mir aus der Darstellung dieses Autors mechanisch nicht recht klar geworden. Vielleicht

*) Es ist viel einfacher, Thatsachen, welche mit hergebrachten Vorurtheilen in unvereinbarem Widerspruch stehen, anstatt sie durch einschlägige Versuche zu widerlegen oder zu bestätigen, einfach zu ignoriren und den Autor zu miscreditiren.

In der Abhandlung: »Ueber den vegetabilischen Nährwerth der Kalksalze« (Sitzb. d. W. Akad. 1875. 1. Abth. Bd. 71) habe ich die Versuche beschrieben, welche ich durchgeführt habe zur theilweisen Beantwortung der Frage, ob die Aschenbestandtheile nothwendig sind zur Bildung von organischer Substanz oder zur Umbildung dieser in geformte Bestandtheile des Zelleibes. Durch den Nachweis, dass Keimpflanzen der Feuerbohne, welche in destillirtem Wasser gezogen wurden (abgesehen von der Beleuchtung), lange vor dem Verbräuen der Reservestoffe absterben, dass dieses jedoch nicht der Fall ist bei der Zufuhr von Kalksalzen, glaube ich die mir gestellte Frage bezüglich der Function der letzteren beantwortet zu haben. — Auf Grundlage der Erwägung, dass der Kalk keiner gewöhnlichen Zellwand fehlt und dass derselbe auch in Membranen, welche früher Tage lang in Salzsäure digerirt wurden, erst nach ihrer Veraschung nachgewiesen werden kann, wurde ich zu dem Schlusse geführt, dass der Kalk ein wesentlicher Bestandtheil der Cellulose-Wand sei. S. 260 seines Buches sagt nun Pfeffer: Im Allgemeinen ist das Calcium in der Pflanze weniger beweglich als das Magnesium und bleibt deshalb gewöhnlich in relativ ansehnlicher Menge in absterbenden Organen zurück, auch wenn diese andere Stoffe zuvor zum guten Theil entleeren. Mit der Fixirung des in den Stoffwechsel eingetretenen Calciums hängt es wohl auch zusammen, dass bei der Kultur in reinem Wasser das Wachstum von Keimpflanzen schon gehemmt wird, wenn von anderen Elementarstoffen noch disponibles Material da ist, und dass der einfache Zusatz von etwas Kalk eine merklich weiter gehende Entwicklung zur Folge hat. Es wurde diese u. a. von Stohmann beobachtet, ebenso auch bei im Dunkeln kultivirten Feuerbohnen von Boehm, dessen Versuchsanstellungen indess nicht von genügend kritischer Fragestellung geleitet sind, um zu weiteren Schlussfolgerungen nutzbar gemacht werden zu können.« — Nicht minder unwahr ist u. a. die Darstellung meiner Versuche über die Stärkebildung in den Chlorophyllkörnern.

kommt die Sache im Wesentlichen darauf hinaus, dass eine wie eine Pumpkraft wirkende Luftverdünnung in Elementarorganen des Holzes die treibende Kraft sein soll. Ueber die Bedeutung dieser Luftverdünnung haben wir früher gesprochen und es wird leicht einzusehen sein, dass diese allein nicht im Stande ist, die Wasserversorgung zu vermitteln und überhaupt selbst erst eine sekundäre von der in Imbibition gegebenen Kräften abhängige Ursache vorstellt«. Mit diesen Worten ist meine »mehrfach ausgesprochene Annahme« abgethan.

Was den mir gemachten Vorwurf der Unverständlichkeit anlangt, so erlaube ich mir zu bemerken, dass meine Abhandlungen für vorurtheilsfreie Fachcollegen berechnet sind, welche sich weder durch Phrasen blenden, noch die Mühe verdriessen lassen, den einen oder anderen Versuch zu wiederholen. Pfeffer hat es leider unterlassen, auf die trotz aufmerksamen Studiums ihm unklar gebliebenen Stellen meiner Darstellung hinzuweisen und die Existenz meines im Drucke erschienenen populären, und wie ich versichern kann, jedem Anfänger leicht verständlichen Vortrages: »Warum steigt der Saft in den Bäumen?« (Wien 1878. Faesy u. Frick. — Wollny, Forschungen etc. 1. Bd. — Ann. des sc. nat. bot. 1878. — Piccioli, Revista forest. 1880) scheint demselben ganz unbekannt geblieben zu sein.

2) Darstellung meiner Theorie über die Ursache des durch die Transpiration eingeleiteten Saftsteigens.

Der Mechanismus des durch die Verdunstung bedingten Wassertransportes in einem vegetabilischen Körper, welcher aus geschlossenen Zellen und aus capillaren Röhren mit theils flüssigem, theils gasförmigem Inhalte besteht, ist einfach genug. Denken wir uns, um die Sache ja nicht zu compliciren, so wie es in beistehender Figur veranschaulicht ist, ein vegetabilisches Gefäße, welches an den geschlossenen Enden von safterfüllten Zellen, seitlich jedoch von 15 Tracheiden bekleidet ist, deren jede nebst Wasser auch Luft enthält. Der Wasserfaden in dem Gefäße sei von den Luftblasen I und II unterbrochen, welche der Zelle 6 und 12 genau gegenüberliegen und dieselbe Tension besitzen wie die Luft in

den Zellen. Dieses einfache System sei seitlich gegen Verdunstung geschützt und tauche mit seinem unteren (dem Wurzel-) Ende in Wasser, während sich das obere (Blatt-) Ende in trockener Luft befinde. — Die durch die Verdunstung bedingte Bewegung des Imbibitionswassers der oberen Zellwand ist durch Pfeile angedeutet, welche besagen, dass zunächst die Micellen der äussersten Wandschicht Wasser verlieren, dass diese ihren Verlust von den Wasserhüllen der nächst inneren Substanzkerne decken u. s. f. und dass endlich dem Zellraume Wasser entzogen wird.

Wäre die verdunstende Zellwand sehr zart, so müsste sie in Folge des äusseren Luftdruckes in dem Grade einsinken, als dervon ihr begrenzte Raum Wasser verliert. Die direct verdunstenden Zellwände (*E*) sind jedoch gegen das Einsinken irgendwie geschützt*) und werden daher, nachdem sie einen Theil ihres flüssigen Inhaltes verloren haben, ihren Nachbarzellen gegenüber zu Saugpumpen. In unserem Schema erstreckt sich die Saugwirkung der (Meso-phyll-) Zelle *M*, nachdem

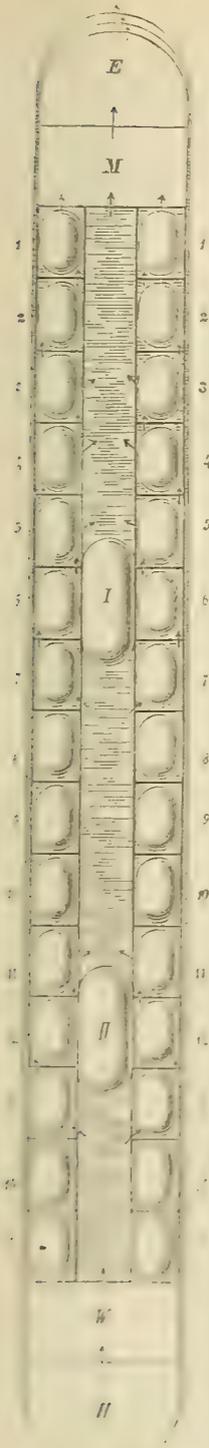
*) Die Primordialblätter von Keimpflanzen der Feuerbohne, welche (nach frühzeitiger Entfernung der Endknospe) unter einer Glasglocke über Wasser in kohlensäurehaltiger Luft gezogen wurden, besitzen Epidermiszellen mit relativ zarten, wenig cuticularisirten Aussenwänden und vertrocknen ungeachtet ihres Stärkereichtums sofort, wenn die Glocke abgehoben wird.

ihr von *E* Wasser entzogen wurde, sowohl auf die Zellen 1 als auf das Gefäss. Die unmittelbare Folge des Wasserabflusses aus diesen ist aber eine Tensionsverringering der Luftblasen I und II. Da ein Nachrücken der ganzen Jamin'schen Kette des grossen Reibungswiderstandes wegen nicht möglich ist, so wird auch das Gefässstück oberhalb I zu einer Saugpumpe. — Die durch diese und die weiteren Druckveränderungen bedingte Wasserbewegung ist durch Pfeile angedeutet.

Es ist klar, dass die durch Druckveränderungen bedingten Wasserströmungen in Bahnen erfolgen, auf welchen der geringste Widerstand zu überwinden, d. h. die geringste Zahl der Tüpfelwände zu passiren ist. Die Zellen 5 werden daher ihren Wasserverlust aus 6, 6 aus 7, 7 aber insbesondere aus dem Gefässe decken, während letzteres (vorzüglich) von 11 gespeist wird, — und dieses Spiel wird sich so weit fortsetzen, als es bei den gegebenen Verhältnissen nothwendig ist, d. h. in der Regel bis zu den Wurzelhaaren, welche dann in gleicher Weise das Wasser dem Boden entziehen, oder, und zwar selbst bei blutenden Pflanzen nur ausnahmsweise, bis zu jener Stelle, welche durch den Wurzeldruck*) mit Wasser versorgt wird.

Die durch Verdunstung bewirkten Druckveränderungen in den übereinandergestellten saftleitenden Hohlräumen dürften vielleicht nicht ganz unpassend als Saugwelle bezeichnet werden, welche, nachdem einmal die geeigneten Druckverhältnisse hergestellt sind,

*) Auf Grundlage einiger Versuche, welche durch unsere divergirenden Ansichten über die Transpiration von Landpflanzen in absolut feuchtem Raume und über das Saftsteigen veranlasst waren, glaubte Unger schliessen zu sollen, dass auch bei untergetauchten Wasserpflanzen eine *Vis a tergo* thätig sei, durch welche das von den Wurzeln aufgenommene Wasser durch den Stengel getrieben und selbst aus unverletzten Blättern ausgepresst werde (Sitzb. der Wiener Akad. 1861). Bald darauf hatte ich Gelegenheit, meinen verehrten Lehrer zu überzeugen, dass seine Versuche fehlerhaft und die daraus gezogenen Schlüsse unrichtig waren (vergl. Pfeffer, l. c. S. 160). — Pfeffer hält das Bluten von Zweigen, welche nach Pitra's Methode mit Ausnahme eines kurzen Stückes in Wasser eingesenkt wurden, trotz des von mir geführten Gegenbeweises (Botanische Zeitung, 1880. Nr. 3) für eine osmotische Wirkung und hat die Versuche u. a. mit Zweigen von *Taxus* wiederholt, deren Tracheiden nach seiner Ansicht doch nur ausschliesslich Luft führen. Die Thatsache, dass sich die Wasserausscheidung selbst bei einer Temperatur zwischen 20 und 30°C. auch im Dunkeln in der Regel erst spät und bei grün berindeten Zweigen in vollem Tageslichte, so lange sie leben, niemals einstellt, wird weder erwähnt noch erwogen l. c. S. 158.



zweifellos mit relativ grosser Schnelligkeit die ganze Pflanze von einem Ende bis zum anderen durchläuft, so dass (bei hinreichender Bodenfeuchtigkeit) kurz nach dem Verluste einer gewissen Wassermenge durch die Blätter, ein gleiches Quantum durch die Wurzeln aufgesaugt wird. Die Fortpflanzung dieser Saugwelle muss bei sonst gleichen Verhältnissen um so leichter und schneller erfolgen, je weniger Zell-(Tüpfel-)Wände zu passiren sind, d. h. je weiter die Luftblasen in den Gefässen von einander abstehen. Dieser Abstand kann in engen Tracheen grösser sein als in weiten und darf, wie leicht einzusehen ist, eine gewisse Grenze nicht überschreiten. Diese Grenze ist bestimmt durch die Höhe, bis zu welcher in einem vegetabilischen Gefässe mit durchfeuchteten Wänden das Wasser durch Capillarattraction gehoben wird. Aus einem in dieser Weise mit alternirenden Wasserfäden und Luftblasen gefüllten Gefässe würde, selbst wenn dasselbe beiderseits offen und noch so hoch wäre, kein Wasser abfliessen können*).

— Die strenggläubigen Vertreter der Imbibitionshypothese halten selbst die Möglichkeit, dass auch in parenchymatischen Geweben, deren Zellen ganz mit Saft erfüllt sind (im Holzparenchym, in den Blättern und Trichomen etc.), die durch Verdunstung bewirkte Saftbewegung nur in den Wänden erfolge, nicht für ganz ausgeschlossen. Mit solchen Fanatikern ist selbstverständlich eine wissenschaftliche Discussion nicht möglich. Anders verhält es sich jedoch der Meinung gegenüber, dass die Wasserbewegung in safterfüllten Organen und Organtheilen, und zwar speciell in den Wurzeln und Blättern, durch osmotische Kräfte bewirkt werde. Es muss jedoch bei einiger Ueberlegung sofort einleuchten, dass diese Ansicht die thatsächlichen Erscheinungen nicht nur nicht erklärt, sondern mit denselben in dem offensten Widerspruche steht.

Die einzig sicheren Kriterien für die Wirksamkeit osmotischer Kräfte in ausgewachsenen Zellen bestehen bekanntlich darin,

*) Dasselbe ist der Fall bei einer Kette übereinander gestellter safterfüllter Zellen, wenn der Filtrationswiderstand der Querwand von der in jeder einzelnen Zelle enthaltenen Flüssigkeit nicht überwunden werden kann. In Folge des theilweisen Luftgehaltes der saftleitenden Tracheiden ist eine durch die Schwere bedingte Filtration der in ihnen enthaltenen Flüssigkeit völlig ausgeschlossen. — Die Imbibitionshypothese fordert, dass das Wasser in den verholzten Zellwänden absolut leicht beweglich, gleichwohl aber schwerlos sei.

dass letztere bei wirklicher Wasserzufuhr entweder ihr Lumen vergrössern, oder platzen, oder, wie bei blutenden Pflanzen, unter bestimmten Bedingungen, Saft abscheiden. Bei sehr vielen Pflanzen lässt sich jedoch zu keiner Jahreszeit ein Wurzelndruck nachweisen und die Wasserausscheidung gewisser Pflanzenorgane in absolut feuchtem (für längere Zeit bekanntlich sehr schwer herstellbaren) Raume ist durch Oxydationsprocesse, d. i. durch Wärme bedingt.

Die Wassermenge, welche von einer gesunden Pflanze bei gleichbleibender Temperatur und Bodenfeuchtigkeit in kurzen, unmittelbar auf einander folgenden Zeitperioden, also bei wesentlich gleichem Zellinhalte, verdunstet, ist in erster Linie eine Function der Luftfeuchtigkeit und der Beleuchtung. Umgekehrt wird bei einer ausgewachsenen Pflanze der Wasserimport aus dem Boden in die Wurzeln und aus dem Stamme in die Blätter, oder vielmehr aus den Blattnerven in das Blattparenchym ausschliesslich durch die Transpirationsintensität bedingt und geregelt. Mit diesen unbestrittenen Thatsachen ist die Annahme, dass die Wasserversorgung der Wurzeln und Blätter gleichwohl durch osmotische Kräfte bewirkt werde, um so unvereinbarer, als diese überhaupt nur sehr langsam wirken und in gegebenem Falle gar nicht nachgewiesen werden können*). Anderer-

*) In dem Vortrage: Warum steigt der Saft in den Bäumen? sagte ich: Zahlreiche und auffällige Lebenserscheinungen sind durch Osmose bedingt, wie z. B. das Bluten des Weinstockes und vieler anderer Pflanzen, die Abscheidung zahlreicher Secrete, die Wasserversorgung und Turgescenz aller jugendlichen Organe u. s. w. Von den meisten Pflanzenphysiologen wird auch heute noch die durch Verdunstung eingeleitete Wasserbewegung in safterfüllten Zellen der Blätter als ein rein osmotischer Vorgang betrachtet. In Folge der Neubildung organischer Substanz in den assimilirenden Zellen soll die osmotische Spannung derselben immer auf der erforderlichen Höhe erhalten werden, um sie zu befähigen, ein dem verdunsteten gleiches Wasserquantum den inneren Nachbarzellen zu entziehen. Dass diese Ansicht irrig ist, ergibt sich aus Folgendem:

1) Die durch osmotische Spannungsdifferenzen verursachte Wasserbewegung ist eine ausserordentlich langsame.

2) Die direct transpirirenden, d. i. die Epidermiszellen enthalten in der Regel kein Chlorophyll und können daher aus Kohlensäure und Wasser osmotisch wirksame Substanzen nicht erzeugen. Die in den Oberhautzellen enthaltene Flüssigkeit ist allem Anscheine nach von gewöhnlichem Wasser nicht wesentlich verschieden. (Die Transpiration durch cuticularisirte Wände ist allerdings eine sehr geringe.)

seits kann bei einiger Ueberlegung, besonders an der Hand obigen Schemas*) unmöglich ein Zweifel darüber bestehen, dass die durch Transpiration bedingte Wasserbewegung in den safterfüllten Zellen parenchymatischer Gewebe ebenso wie die in den saftleitenden Hohlräumen des Splintes, ein durch Druckdifferenzen in den benachbarten Zellen bedingter Saugungsprocess ist. (Schluss folgt.)

Litteratur.

Die Moose Deutschlands. Anleitung zur Kenntniss und Bestimmung der in Deutschland vorkommenden Laubmoose. P. Sydow. Berlin 1881. Ad. Stubenrauch. XVI und 185 S.

Wie mehrere andere »Kunden« und »Führer« hauptsächlich für Anfänger bestimmt, unterscheidet sich dies Buch von allen ähnlichen sehr vorthellhaft. Bestrebt, dem Lernenden das Bestimmen unserer deutschen Moose zu erleichtern, erreicht es dies nicht auf Kosten oberflächlicher Anschauung und Untersuchung, sondern durch Hinleitung auf genaue und erschöpfende Erkenntniss der vorliegenden Objecte. Die Einleitung entwirft in vielleicht etwas zu knappen Zügen ein klares Bild vom Wesen und Aufbau der Moospflanze. Es folgt dann eine Uebersicht des von Schimper in seiner Synopsis ed. II aufgestellten Moossystems, nach dem auch die spätere Anordnung getroffen ist. In analytischer Weise werden sodann die Charaktere der verschiedenen in Deutschland ver-

3, Wenn in den Blattzellen stark osmotisch wirksame Substanzen vorhanden gewesen wären (wie dies thatsächlich in gewissen Zellen von Nectarien und Wurzeln vieler Pflanzen der Fall ist), so müsste bei Blättern von Pflanzen, welche im feuchten Raume assimiliren, auf der Oberhaut und in Interzellularräumen Wasser abgeschieden werden, was jedoch niemals geschieht. — Um den Zellwänden der saftzuführenden Blattstiele das Imbibitionswasser, abgesehen von der Schnelligkeit, mit welcher dies bei lebhafter Transpiration zu geschehen hätte, überhaupt entziehen zu können, müssten in den Zellen des Blattparenchyms geradezu ungeheuer grosse osmotische Spannkraft aufgespeichert sein (bei Pitras Versuchen mit beblätterten Zweigen und einzelnen Blättern sind diese schon längst abgestorben, wenn das Bluten beginnt. Vergl. Pfeffer l. c. S. 156).

4, Aus der Annahme, dass die Wasserbewegung in transpirirenden Blättern durch osmotische Spannungsdifferenzen des Inhaltes benachbarter Zellen verursacht werde, würde folgen, dass in gleicher Weise auch in den sogenannten parenchymatösen Hölzern das Saftsteigen bewirkt werde, was wohl niemand wird behaupten wollen.

Man vergleiche hiermit auch die Figur auf S. 386 des 20. Bandes der landw. Versuchsanst. oder auf S. 9: Warum steigt der Saft in den Bäumen?

tretenen Moosgruppen und Familien aufgeführt, wobei hin und wieder dem Anfänger wenigstens allerdings eine Entscheidung schwer fallen möchte. Hingewiesen sei nur auf die Stellung der Fissidentaceen, auf deren seitenfrüchtige Arten wohl unter den Pleurocarpen hätte verwiesen werden können. Im Ganzen ist jedoch die Uebersicht geschickt zusammengestellt. Auf den folgenden 164 Seiten folgt nach Schimper's Anordnung die Aufzählung der Arten. Jede Familie eröffnet ein Schlüssel zur Bestimmung der Genera, ebenso wie die Aufzählung der Arten in den einzelnen Gattungen in bekannter analytischer Weise abgefasst. Alle Beschreibungen sind klar und umfassend, alle Theile der Pflanze berücksichtigend. Ausser den im Gebiete vorhandenen Arten haben auch noch zu erwartende Berücksichtigung gefunden. Seltener Arten haben kurze Standortangaben erhalten. Gerade in dieser vollständigen Aufzählung aller aufgefundenen Formen liegt nach der Ansicht des Ref. ebenfalls ein bedeutender Vorzug des Buches vor anderen. — Im Einzelnen liessen sich vielleicht kleine Verbesserungen und Zusätze als wünschenswerth bezeichnen, wie z. B. Berücksichtigung der für die verschiedenen Arten so überaus charakteristischen Lamellen der Blätter in der Gattung *Polytrichum*, Hinweise auf geringere oder grössere Häufigkeit des sterilen Zustandes bei vielen Formen etc., was Alles namentlich einem Anfänger sehr erwünscht sein dürfte. Indessen thun diese kleinen Monita dem Werthe des Ganzen keinen Eintrag, das allen Moosfreunden warm empfohlen werden kann. Den Schluss desselben bildet ein ausführliches Register. Fisch.

Personalnotizen.

Mr. James Craig Niven, Curator des botan. Gartens in Hull starb am 16. October im Alter von 53 Jahren.

Am 21. November starb zu Hamburg in seinem 70. Lebensjahre Dr. Otto Wilhelm Sonder.

Neue Litteratur.

Oesterreichische Botanische Zeitschrift. 1881. Nr. 10. — G. Beck, Plantae novae. — Schulzer v. Müggendorf, Neue Pezizenformen. — H. Potonié, Aufzählung von Gelehrten, die in der Zeit von Lamarek bis Darwin sich im Sinne der Descendenztheorie geäußert haben, mit Bevorzugung der Botaniker. — J. Egeling, Ein Beitrag zur Lösung der Frage bezüglich der Ernährung der Flechten. — P. Sintenis, Cypern und seine Flora. — G. Strobl, Flora des Etna. — Correspondenz: Borbás, Floristische Mittheilungen. — Mittheilung des bot. Tauschvereins in Wien.

Lebl's Illustrierte Gartenzeitung. 1881. Heft 4—8. Abgebildete und beschriebene Pflanzen: *Coleus* Graf Esterházy Moritz (Hykál). — *Retinispora plumosa*. — Neue *Nerium*-Varietäten. — *Juncus zebrius*. — Neue *Chrysanthemum* mit panachirten Blüten. —

Clivia var. *Madame Legrelle* Dhanis. — *Nepenthes superba*. — *Philodendron Carleri*. — *Rhododendron* *hyb. Boule de Neige*. — *Haemanthus Kalbreyeri*. — Picard, Die Einwirkung des Magnetisirens auf Rosen. — H. Hoffmann, Zum Frostphänomen des Winters 1879—80.

Pomologische Monatshefte. 1881. Heft 4—8. E. M., Ueber die Stellung der fruchtbaren Triebe und der Trauben bei den verschiedenen Rebsorten. — B., Muthmaasslicher Einfluss der Unterlagen auf die darauf veredelten Fruchtsorten. — W. Breitwieser, Ursachen des Erfrierens unserer Obstbäume. — Ch. Joly, Etiquetten für Gärten.

Zeitschrift der deutschen geologischen Ges. XXXIII. Bd. 2. Heft. April—Juni. 1881. M. Bauer, Das diluviale Diatomeenlager aus dem Wilmsdorfer Forst bei Zinten in Ostpreussen. — J. Haniel, Ueber *Sigillaria Brasserti* Haniel. Mit 2 Holzschn. — Sterzel, Ueber die Flora der unteren Schichten des Plauenischen Grundes.

La Belgique horticole. 1881. Avril, Mai, Juin, Juillet. E. Morren, Description du *Billbergia Litzzei* sp. n. — L. van Bruyssel, Notions générales sur le Venezuela. — E. Morren, Note sur l'*Aërides Veitchi* Hort. — G. Wallis, Notes sur la flore du Para. — E. Morren, Note sur le *Ballota acetabulosa* Benth. — H. F., Don José Célestino Mutis. Notice biographique. — E. Morren, *Quesnelia van Houttei*. — Id., *Anoplophytum didistichum* sp. nov.

Annales de la Société Botanique de Lyon. 9^e Année. Nr. 1. Catalogue de la flore du Bassin du Rhône. (VI. part.)

Société Botanique de Lyon. Compte rendu des Séances. 1881. 16. Août. A. Magnin, Sur les plantes adventives et en particulier l'*Helminthia echioides*. — Roux, Fasciation du *Cichorium Intybus*. — Viviant-Morel, Variété de *Coleus*.

Publications de l'Institut royal grand-ducal de Luxembourg. (Section des Sciences naturelles). T. XVIII. Luxembourg 1881. Worré, Notice sur quelques effets du grand froid qui régnait pendant l'hiver 1879-80. — A. de la Fontaine, Effets des grands froids de l'hiver 1879 à 1880, en particulier sur les règnes végétal et animal. — État statistique à l'appui du mémoire sur les grands froids de l'hiver 1879-80 en particulier sur les règnes végétal et animal. — Layen, Flore du grand-duché de Luxembourg. Contribution à l'étude des champignons (funginées).

Revue mycologique. 1881. Nr. 12. E. Lamy de la Chapelle, Observations sur les lichens gallici exsiccati de M. Roumeguère. — M. Patouillard, Espèces nouvelles de champignons. — C. Roumeguère, *Peronospora viticola*.

Revue bryologique. 1881. Nr. 5. Renauld, Classification systématique de la section *Harpidium* du genre *Hypnum* de la flore française. — Venturi, Le *Hypnum curvicaule* Jus.

L. Grandeau. Comptes rendus des travaux du congrès international des directeurs des stations agronomiques. — Lechartier, Pichard, Grandeau, Petermann, Bobierre, Gassend, Joulie, Truchot, Discussion sur l'acide phosphorique. — L. Pasteur, Des maladies infectieuses et du vaccin du virus charbonneux. — H. Macagno, Action de l'électricité atmosphérique sur la végétation de la vigne.

Berichtigungen.

In meinem Aufsatz in Nr. 47 und 48 der Bot. Ztg. haben sich mehrere unliebsame Druckfehler eingeschlichen, deren Verzeichniss und Berichtigung ich hiermit gebe. Es ist zu lesen:

S. 763 Z. 3 von unten statt einem Zusammenhange seinem Zusammenhange.

S. 764 Z. 6 von unten fehlt hinter dem Wort »Figur« die Zahl 6.

S. 765 Z. 8 von unten statt Wand ab: Wand mn.

S. 767 Z. 12 von oben statt *Archidium phascoides*: *Ceratodon purpureus*.

S. 767 Z. 23 von oben statt congruente: gleiche.

S. 767 Z. 13 von unten statt congruente: spiegelbildlich gleiche.

S. 787 Z. 7, 8 von oben statt bei der zur Richtung des Archegonienhales senkrechten: bei der senkrecht zur Richtung des Archegonienhales verlängerten.

S. 790 Z. 25 von oben statt Fig. 23: Fig. 24.

S. 790 Z. 26 » » muss das Wort »also« fortfallen.

S. 790 Z. 30 » » muss das Wort »in« fortfallen.

S. 791 Z. 16 » unten statt So scheint: So scheidet.

S. 793 Z. 22 » oben statt Pl: pl.

Dr. F. Kienitz-Gerloff.

Anzeigen.

Mayer & Müller, Berlin W., Französische Str. 38/39, suchen zu kaufen und erbitten Angebote von:

Bruch, Schimper und Gümbel, **Bryologia Europaea** complet. (53)

Verlag von **Julius Springer**, Berlin N.

Naturgesetzliche
Grundlagen des Wald- und Ackerbaues. I.
Physiologische

Chemie der Pflanzen.

Zugleich Lehrbuch der
organischen Chemie und Agriculturchemie
für Forst- und Landwirthe, Agriculturchemiker,
Botaniker etc. (54)

Von

Dr. Ernst Ebermayer,

o. ö. Professor der Universität München.

I. Band: Die Bestandtheile der Pflanzen.

Preis M 16.

Zu beziehen durch alle Buchhandlungen.

In Carl Winter's Universitätsbuchhandlung in
Heidelberg ist soeben erschienen: (55)

Grundzüge
einer vergleichenden Morphologie der Orchideen

VON

Dr. Ernst Pfitzer,

o. Professor der Botanik an der Universität Heidelberg.

Mit einer farbigen und drei schwarzen lithograph.

Tafeln und 35 in den Text gedr. Holzschnitten.

gr. 40. broschirt 40 M.

Hierzu eine litterarische Beilage von **Ed. Kummer.**

BOTANISCHE ZEITUNG.

Redaction: A. de Bary. L. Just.

Inhalt. Orig.: J. Boehm, Ueber die Ursache der Wasserbewegung und der geringen Lufttension in transpirirenden Pflanzen (Schluss). — E. Zacharias, Ueber die Spermatozoiden. — Litt.: M. Westermaier, Ueber die Wachstumsintensität der Scheitelzelle und der jüngsten Segmente. — Neue Litteratur.

Ueber die Ursache der Wasserbewegung und der geringen Lufttension in transpirirenden Pflanzen.

Von

Josef Boehm.

(Schluss.)

3) Experimentelle Begründung meiner Theorie über die Ursache des Saftsteigens.

In der Abhandlung über die Function der vegetabilischen Gefäße habe ich gezeigt, dass Pflanzen der Bruchweide, welche aus in Wasser gestellten Zweigen gezogen wurden, nach mehrmonatlicher Kultur sehr häufig von oben her vertrocknen und dass dieses Absterben ausnahmslos von der Erfüllung der Gefäße mit Thyllen begleitet ist, während die Gefäße des gesunden Holzes, sowie die der meisten Stammpflanzen, Luft und Wasser führen. Aus diesen und anderen Erscheinungen zog ich den Schluss, dass die Saftleitung zu den transpirirenden Blättern vorzüglich in den Gefäßen erfolge. Eine mir damals räthselhafte Ausnahme hiervon schien bei *Ailantus*, *Amorpha*, *Paulownia* und *Robinia*, zu denen sich später noch *Catalpa* und *Diospyros**) gesellten, stattzufinden. Indem nämlich bei jenen Pflanzen, deren Gefäße auch zur Zeit der lebhaftesten Transpiration Saft führen, diese Saftmenge nach dem Blattfalle sich vergrößert, enthalten bei den genannten Gewächsen zur Winterszeit die Gefäße des letzten Jahresringes nur Luft von gewöhnlicher Tension, während die des älteren Splintes von den Nachbarzellen aus mit Thyllen (*Catalpa*, *Paulownia*, *Robinia*) oder, und zwar weniger voll-

ständig, mit einer gummiartigen Substanz*) (*Ailantus*, *Amorpha*, *Diospyros*) erfüllt werden. Aus dem weiteren Umstande, dass (wie aus der Aufsaugung von Quecksilber beim Abschneiden der Zweige unter letzterem, und aus Injectionsversuchen mit comprimierter Luft hervorgeht) bei Pflanzen mit saftführenden Gefäßen die Tracheen des etwas älteren Holzes wasserreicher sind als die eben ausgebildeten, wurde der Schluss veranlasst, dass bei *Robinia*, *Amorpha* u. s. w., im Gegensatz zu den übrigen Stammpflanzen, das Saftsteigen nur in den (Zellen und) Tracheiden erfolge. — Zu meiner Befriedigung bin ich nun an der Hand weiterer Versuchsergebnisse in der Lage, zu constatiren, dass ein solcher Unterschied zwischen Pflanzen mit saftleitenden Gefäßen und solchen, denen ich nur luftführende Tracheen zuschrieb, nicht nur nicht besteht, sondern dass sich gerade bei letzteren ausserordentlich leicht und mit mathematischer Sicherheit darthun lässt, dass das Saftsteigen im Holze, ganz unserem Schema entsprechend, ausnahmslos zum grossen Theile in den Gefäßen erfolgt. Als das diesbezüglich geeignetste Studienobject ist die gemeine Akazie zu empfehlen, ein Baum, der die gleich zu beschreibenden Erscheinungen nicht nur in recht auffälliger Weise zeigt, sondern behufs Wiederholung der Versuche auch überall zu haben ist.

Werden Zweige oder niedergebogene Bäumen von *Robinia* in möglichst horizontaler

*) Die Annahme, dass die gummiartige Substanz, welche sich bei sehr vielen Pflanzen (an Stelle der Thyllen) in den Gefäßen des Kernholzes und in alten Aststumpfen findet, ein Umwandlungsproduct der Gefäßwand sei, ist, wie ich schon wiederholt betont habe und wie man sich mittels des Mikroskopes und durch das spezifische Gewicht überzeugen kann, ebenso unrichtig wie die Behauptung, dass in gleicher Weise bei den Coniferen das Harz gebildet werde.

*) Molisch, Anatomie des Holzes der Ebenaceen. Sitzb. der Wiener Akad. 50. Bd. 8. 54, 1. Abth. 1879.

Lage Mitte Juni unter Quecksilber durchschnitten, so erscheint das Holz nach Entfernung der Rinde von graulichen, sehr verschiedenen langen Striemen — den mit Quecksilber erfüllten Gefässen — durchzogen. In einem Falle hatte ein solcher Streifen eine Länge von 117 Ctm. *). Diese Quecksilberinjection beschränkt sich ausschliesslich auf die Gefässe des eben in der Anlage begriffenen Jahresringes und erstreckt sich auch hier nicht auf alle.

Werden gegen 20 Ctm. lange Stücke eines in Luft abgeschnittenen Zweiges mit Luft injicirt, so entweicht aus den jüngsten Gefässen der entgegengesetzten Schnittfläche eine zuckerhaltige Flüssigkeit und Luft, und zwar von ersterer aus dem untersten Stücke sicht-

*) Besonders weit dringt das Quecksilber in die jungen Tracheen nur bei jenen Pflanzen ein, deren Gefässe sich im folgenden Winter mit Luft von gewöhnlicher Tension, und später, mehr weniger vollständig, mit Thyllen oder Gummi erfüllen.

Im 12. Bande der Jahrb. f. wiss. Bot. S. 88 hat von Höhnel selbst gezeigt, dass die aus seinen früheren Versuchen gezogenen Schlüsse über die Grösse des »negativen Druckes« der Gefässluft aus dem Grunde nicht richtig sind, weil auf die Lage der Zweige, während sie unter Quecksilber abgeschnitten wurden, keine Rücksicht genommen wurde. In Anbetracht des Umstandes jedoch, dass die Quecksilber aufsaugenden Gefässe ausser Luft auch stets Wasser führen, ist es klar, dass aus der Höhe, bis zu welcher das Quecksilber in die Gefässe der unter Quecksilber abgeschnittenen Zweige eingesaugt wird, auf die Tensionsgrösse der Gefässluft überhaupt ein Schluss nicht zulässig ist. »Die Höhe, bis zu welcher das Quecksilber steigt, ist bei gleicher Gefässweite theils von der Lufttension, theils von dem Abstände und der Länge der Wasserfäden bedingt. Dadurch erklärt sich die weitere, ebenfalls von v. Höhnel gemachte Beobachtung, dass auch in Luft abgeschnittene Zweige Quecksilber einsaugen, wenn sie sofort in einiger Entfernung von der alten Schnittfläche unter Quecksilber durchschnitten werden. Beim Fällen der Zweige drang nämlich die Luft nur so weit in die Gefässe ein, bis der Reibungswiderstand der nun näher an einander geschobenen Wasserfäden und der dazwischen befindlichen Luft dem äusseren Luftdrucke das Gleichgewicht hielt« (Bot. Ztg. 1879. S. 227). Bei längerem Liegen der abgeschnittenen Zweige in Luft wird selbstverständlich vorerst ein Theil des flüssigen Gefässinhaltes aufgesaugt und dadurch die Tension der Gefässluft verringert. Mit fortschreitender Aufsaugung des flüssigen Gefässinhaltes erfüllen sich die Tracheen von ihren durchschnittenen Enden aus mit Luft von gewöhnlicher Tension. — Pfeffer sagt l. c. S. 110: »Um eine Wiederbildung verdünnter Luft in abgeschnittenen Zweigen zu ermöglichen, ist ein Verschluss der geöffneten Gefässe nöthig, welche nach v. Höhnel (Bot. Ztg. 1879. S. 320) durch die an der Schnittfläche austretenden schleimigen Stoffe und nach Einstellen in Wasser auch durch anderweitige Bildung schleimiger Massen bewerkstelligt wird.«

lich weniger als aus den folgenden, besonders den oberen Stücken, wohin dieselbe beim Abschneiden des Zweiges durch die eingesaugte Luft gepresst wurde. Aus diesem Grunde erklärt es sich auch, dass bei sehr geringem Wasserdrucke — einem auf die obere Schnittfläche gebrachten Tropfen — das unterste Stück schlecht oder selbst gar nicht permeabel ist, im Gegensatze zu den oberen Stücken, selbst wenn diese bedeutend länger sind. Diese grosse Filtrationsfähigkeit beschränkt sich jedoch, sowie die eben beschriebene Quecksilbereinsaugung, nur auf das ganz durchnässt aussehende Holz des eben in der Anlage begriffenen Jahresringes, dessen Gefässe, besonders die engeren, theilweise und sicher oft auf relativ grosse Strecken, mit Saft erfüllt sind. Nach Entfernung dieses Holzes, oder zur Winterszeit, nachdem sich die Gefässe mit Luft von gewöhnlicher Tension erfüllt haben, werden selbst sehr kurze Zweigstücke erst dann für Wasser bei sehr geringem Drucke durchlässig, nachdem die noch thyllenfreien Gefässe bei viel grösserem Drucke mit Wasser injicirt wurden.

Das Holz von *Robinia* geht bekanntlich frühzeitig in braunes Kernholz über. So lange dieses jedoch nicht geschehen ist, füllen sich die zahlreichen Parenchymzellen gegen den Herbst hin alljährlich mit Stärke, welche im Frühjahr wieder verbraucht wird. Dieser Splint mit so zahlreichen Elementen, denen die Zellqualität selbst von jenen nicht abgesprochen werden kann, welche sämtliche Tracheen und Tracheiden ohne Bedenken für »tote« Gebilde erklären (Pfeffer l. c. S. 122), ist vom zweiten Jahre ab, d. i. nach vollständiger Erfüllung der Gefässe mit Thyllen, selbst in sehr kurzen Stücken bei einem Drucke von mehreren Atmosphären, sowohl für Luft als für Wasser völlig impermeabel. Diese Thatsache dürfte denn doch wohl schlagend genug sein, um Jedermann zu überzeugen, dass die grosse Wasserleitungsfähigkeit des saftleitenden Holzes nicht die Folge einer hohen Leitungsfähigkeit verholzter Zellwände, sondern durch den Wassergehalt der Gefässe bedingt und hierfür ein geradezu glänzender Beweis ist, falls es überhaupt eines solchen bedarf. Enthält ein Gefäss eines Zweigstückes nur Flüssigkeit

sigkeit, so genügt schon, wie bei irgend einem durch Flächenattraction gefüllten Röhrchen, der geringste Druck, um, selbstverständlich nicht den ganzen Wasserfaden, sondern die centralen Moleküle desselben in Bewegung zu setzen. Durch Unterbrechung des Wasserfadens mit Luftblasen wird die Jamin'sche Kette gebildet und damit die Filtrationsfähigkeit verringert und endlich ganz aufgehoben.

Bei *Robinia* — und wie diese verhalten sich auch *Ailantus*, *Amorpha*, *Catalpa*, *Diospyros* und *Paulownia* — sind also nur die Gefässe des eben in der Entwicklung begriffenen Jahresringes theils mit Saft und theils mit Luft von sehr geringer Tension erfüllt. Diese Thatsache, zusammengehalten mit den oben angedeuteten Erscheinungen, welche ich bei Weidenstecklingen beobachtet und in der Bot. Ztg. 1879 beschrieben habe, brachten mich auf die Vermuthung, dass bei den bezeichneten Gewächsen der Wassertransport zur transpirirenden Krone vorzüglich nur in dem jüngsten Holze erfolge. — Die ersten diesbezüglichen Versuche machte ich anfangs Juni vorigen Jahres (1880) bei einer Akazie, welche im Frühjahr 1877 entätet wurde und deren Triebe sehr üppig waren. Nur bei den dicksten derselben (mit einem Durchmesser von 3 Ctm. am unteren Ende) begann der Kern sich zu bräunen. Das junge, durch seine grünliche Färbung ausgezeichnete Holz hatte nur die Dicke einer Gefässweite, so dass die Annahme, alles aufsteigende Wasser oder doch der grösste Theil desselben werde in dieser schmalen Holzlage geleitet, nicht sehr wahrscheinlich war. Um so unverhoffter war der Erfolg der Versuche.

Zweige, welchen bei sorgfältiger Schonung des Holzes ein ringförmiger, 1 Ctm. langer und durch Baumwachs ersetzter Rindenstreifen entnommen wurde, erhielten ihre Blätter theilweise frisch bis anfangs September. Wurde jedoch ausser der Rinde auch das junge Holz entfernt, so erschlafften die jungen Blätter und Zweigspitzen in der Regel schon nach kurzer Zeit. Bei günstigen Transpirationsbedingungen begannen auch ausgewachsene Blätter sich alsbald schraubig einzurollen, erholten sich aber meist wieder während der Nacht. Ende Juni, nach mehreren sonnigen Tagen, waren bei allen zwölf Versuchsästen sämtliche Blätter vergilbt und vertrocknet. — Geradezu überraschend war aber das Resultat der Versuche, wenn ausser dem in

der Anlage begriffenen Jahresringe nur noch eine kleine Schicht des vorjährigen Holzes abgetragen wurde. In diesem Falle welkten die Blätter bei sämtlichen ein- bis dreijährigen Zweigen ebenso oder fast ebenso schnell, wie bei gleichartigen Zweigen, welche ganz abgeschnitten wurden. Ganz ähnlich verhielten sich auch daumen- bis armdicke Aeste von *Ailantus**). — Bei analogen Versuchen mit ein- und mehrjährigen Zweigen von Bäumen und Stäuchern, welche in sämtlichen Gefässen des Splintes Saft führen, erhielten sich die Blätter bis zum Herbst selbst dann noch frisch, wenn bloß ein kleiner Theil des Holzes unversehrt blieb. — Bei tief gehender Ringelung müssen die Zweige, um das Abbrechen derselben zu verhindern, durch Holzschienen gestützt werden. — Die eben beschriebenen Folgen von Ringschnitten machen es selbstverständlich**), dass Zweige von *Robinia* und *Ailantus* gegen übereinander greifende Kerbschnitte auf den gegenüberliegenden Seiten viel empfindlicher sind als Gewächse, bei denen die Gefässe des ganzen Splintes mit Saft erfüllt sind. Während sich bei diesen bezüglich der Saftleitung meist gar keine schädlichen Folgen zeigen, selbst wenn die Einschnitte nur 3—4 Ctm. weit von einander entfernt sind, erhalten sich die Blätter von *Robinia* und *Ailantus* nur dann dauernd frisch, wenn dieser Abstand mindestens gegen 20 Ctm. beträgt.

*) Aus dem Umstande, dass bei *Ailantus* und *Robinia* ein relativ kleiner Theil des Stengelumfangs genügt, um einer reich beblätterten Krone selbst bei günstigen Transpirationsbedingungen das notwendige Wasser zuzuleiten, ergibt sich, dass die Aufwärtsbewegung desselben mit ausserordentlicher Schnelligkeit erfolgen kann.

Ein ebenfalls im Frühjahr 1877 entkronter alter Akazienbaum entwickelte nur mehr spärliche Triebe und vertrocknete im Herbst vorigen Jahres. Auf dem Stammquerschnitte zeigte sich, dass alle Gefässe des schmalen Splintes mit Thyllen erfüllt waren. Die Todesursache lag also hier zunächst in der Sistrung der Wasserleitung (Bot. Ztg. 1879. S. 254).

**) Ebenso selbstverständlich ist es, dass Holzwürfel mit saftführenden Hohlräumen anfangs durch die Querschnittsfläche mehr verdunsten als durch die Tangential- oder Radialfläche. — Splintwürfel von *Robinia* oder *Ailantus* (einem Baume, welcher unter normalen Verhältnissen jedenfalls erst im späteren Alter Kernholz bildet) würden, nach Entfernung der saftleitenden Schicht, sofort durch die Hirnfläche weniger Wasser verdunsten, als durch die Wölb- oder Spiegelfläche. (Vergl. Pfeffer l. c. S. 126. — Boehm, Ueber das Absterben der Götterbäume. Wien 1881. Faesy und Frick.)

In Anbetracht dieser leicht controlirbaren Thatsachen darf man wohl hoffen, dass die ja schon aus zahlreichen anderen Gründen völlig widersinnige Hypothese: das Saftsteigen erfolge nur in den verholzten Zellwänden, als denn doch gar zu absurd, endlich aufgegeben werde. Bei gar keinem anderen vegetabilischen Lebensvorgange liegen Ursache und Wirkung klarer zu Tage, als bei der durch die Transpiration bedingten Wasserbewegung, welche in Anbetracht der tatsächlichen Verhältnisse gar nicht anders sein kann als die physikalisch nothwendige Folge der Elasticität der Zellwände und des Luftdruckes.

4) Ursache der geringen Lufttension in den Tracheen und Tracheiden des saftleitenden Holzes.

Die im Vorstehenden erörterte und begründete Theorie der Wasserbewegung in transpirirenden Pflanzen, welche sich kurz als ein durch Druckunterschiede in den saftleitenden Räumen bedingter Filtrationsprocess definiren lässt, habe ich in ihren Grundzügen bereits im Jahre 1863 entwickelt. Bezüglich des Wassertransportes im Holze fordert dieselbe, dass die Luft in den saftleitenden Tracheiden eine relativ geringe Tension besitze. Aus meinen Manometer-Versuchen mit aus Stecklingen gezogenen Weidenpflanzen folgte, dass diese bei letzteren höchstens dem Drucke einer 12 Ctm. hohen Quecksilbersäule entspricht. In einer Weise, welche jedes »Missverständniss« ausschliesst, wurde, wie schon erwähnt, ein Gleiches für die Gefässluft von v. Höhnel nachgewiesen. Ueber die Art und Weise jedoch, wie diese Luftverdünnung zu Stande kommt, habe ich mich unter Anderem in den landwirthschaftl. Versuchstationen 1877. Bd. 20. S. 374—75, in folgender Weise ausgesprochen: »Es scheint mir fast selbstverständlich, dass die Spannung der Luft in den jungen Gefässen, nachdem deren flüssiger Inhalt von den saftleitenden Zellen aufgesogen wurde, nur eine sehr geringe ist.« Die mit der Transpirationsintensität variirende Grösse des Wassergehaltes der saftleitenden Gefässe und die damit zusammenhängende Tension der Gefässluft habe ich eingehend besprochen in dem citirten Vortrage: Warum steigt der Saft in den Bäumen? und in der Abhandlung: Ueber die Function der Gefässe (man vergl. hiermit Pfeffer's Citate l. c. S. 109 und 110).

Durch die Entfernung der in den Gefässen enthaltenen Flüssigkeit wird allerdings begreiflich, wie die geringe Lufttension in den Gefässen entsteht, nicht aber wie es kommt, dass dieselbe sich erhält*). »Die Thatsache der geringen Tension »der Holzluft« ist um so räthselhafter, als ja den lebenden Holzzellen fortwährend der zu ihrer Athmung nöthige Sauerstoff zugeführt werden muss und in dem aus dem Boden aufgenommenen Wasser relativ viel Luft enthalten ist. — Die Frage, ob in Folge der Zusammensetzung »der Holzluft« und der Absorptionsbedingungen ihrer Bestandtheile nicht auch im saftleitenden Holze eine Tensionsverminderung derselben

*) Die Antwort auf die Frage nach den Druckverhältnissen, welche sich unter der Voraussetzung einer gleichbleibenden Luftmenge in den saftleitenden Hohlräumen herstellen müssen, nachdem die Transpiration längere Zeit unterbrochen war, ergibt sich aus den Elementen der Hydrostatik.

Hätte das von der Wurzel aufgesogene Wasser auf seinem Wege zu den Blättern keinen Widerstand zu überwinden, so müssten sämtliche saftleitende Hohlräume (unter der tatsächlich zu treffenden Voraussetzung, dass der Druck der Flüssigkeit eines bestimmten Hohlräumens sich nicht auf den nächstunteren fortsetzt) stets unter dem Atmosphärendrucke stehen. Nach der Imbibitionshypothese wäre selbstverständlich ein »negativer Druck« in den Hohlräumen des saftleitenden Holzes gar nicht möglich, denn die Hypothese fordert ja eine geradezu absolut leichte Verschiebbarkeit der flüssigen Micellenhüllen. So ätherischer Natur ist nun der aufsteigende Pflanzensaft nicht; es hat derselbe bei seinem Uebertritte von einem saftleitenden Hohlraum in den benachbarten die Reibungswiderstände der Scheidewände zu überwinden, und daher ist es klar, dass in den saftleitenden Hohlräumen nicht nur ein »negativer Druck« entstehen, sondern auch nach andauernder Sistirung der Verdunstung fortbestehen muss. Die Grösse dieser Druckdifferenzen innerhalb der saftleitenden Hohlräume und der äusseren Atmosphäre ist offenbar ein Maass für die Grösse des Reibungswiderstandes, den das aufsteigende Wasser in den zu passirenden Scheidewänden zu überwinden hat. Hieraus erklärt es sich, dass zahlreiche Holzpflanzen durch frisch hergestellte Aststumpfe auch im Winter bei einer Temperatur über 0 Grad Wasser aufsaugen, indem dies nun bei Ueberwindung geringerer Widerstände, als von der Wurzel her, möglich ist (s. landw. Versuchsst. 20. Bd. S. 365—369 und Warum steigt der Saft in den Bäumen. S. 16). — v. Höhnel sprach, entgegen meinen Angaben, die Ansicht aus, »dass der negative Druck der Holzluft im Winter in der Regel 10 Ctm. nicht übersteigt« (Jahrb. f. w. Bot. 12. Bd. S. 119). Am 22. März 1880 wurde von wasseraufsaugenden Aststumpfen des Weissdornes (*Crataegus*) das Quecksilber bis 40 Ctm. hoch gehoben, und v. Höhnel, in dessen Beisein die Versuche gemacht wurden, überzeugete sich auch, dass die an Stelle des Wassers in die Manometer eingesaugte Luft aus den Gefässen stammt und nicht, wie er angab (l. c. S. 82 u. 83), durch die Rinde eintritt.

stattfinde. wollen wir ganz unerörtert lassen (Warum steigt der Saft in den Bäumen? S. 14). Diese Erörterungen mögen nun hier in aller Kürze stattfinden.

Vorerst kann schon a priori gar kein Zweifel darüber bestehen — und directe Versuche bestätigen es —, dass die Luft, welche im Bodenwasser gelöst ist, mit diesem in die Pflanze eintritt. Ebenso zweifellos ist es auch, dass diese Luft in den saftleitenden Räumen, von denen jeder eine kräftig wirkende Saugpumpe darstellt, zum grossen Theile abgeschieden werden muss. Wie kommt es nun, dass die Tension der Luft in den letzteren sich nicht endlich mit der äusseren Atmosphäre ins Gleichgewicht setzt?

In der Abhandlung über die Wasserbewegung sagte ich l. c. S. 373: »Angenommen, dass in einem gegebenen Momente die Binnenluft ebenso zusammengesetzt sei wie die der äusseren Atmosphäre, so wird dieses Verhältniss bei einer der Vegetation (und dann im Allgemeinen auch der Transpiration) günstigen Temperatur sehr bald durch den Verbrauch von Sauerstoff geändert werden. Die so gebildete Kohlensäure wird in Folge ihrer grossen Löslichkeit in dem Imbibitionswasser der Zellwand und in der Zellflüssigkeit nach aussen diffundiren oder mit dem aufsteigenden Wasser fortgeführt werden. Dadurch wird einerseits die Saugkraft der Zellen vergrössert und andererseits zwischen der Luft in und ausserhalb der Zellen ein durch Druckdifferenzen unterstützter Diffusionsstrom eingeleitet. Das Resultat dieser continuirlichen und bis zu einer gewissen Grenze sich summirenden Prozesse kann in Bezug auf die Tension der Luft in den Gefässen nicht zweifelhaft sein.«

Bei einer anderen Gelegenheit (Ueber die Zusammensetzung der in den Zellen und Gefässen des Holzes enthaltenen Luft. Landwirthschaftl. Versuchszt. 21. Bd. 1878) habe ich gezeigt, dass die Luft, welche aus lebenden Zweigen in die Torricellische Leere entweicht, und insbesondere jene, welche durch Weidenpflanzen, deren bewurzelte Enden in wassererfüllte Gefässe luftdicht eingeschlossen wurden, in Folge der Transpiration gesaugt wird, sehr arm an Sauerstoff ist.

Denken wir uns eine Zelle, deren recht feste Wand dauernd von Wasserdurchtränkt sei, mit Stickstoff von gewöhnlicher Tension und einer Sauerstoff absorbirenden Substanz erfüllt und der Luft exponirt, so müsste

dieselbe endlich luftleer werden, und zwar um so schneller, je reicher die äussere Luft an Sauerstoff wäre. Nur mit einem sehr kleinen Segmente in Wasser getaucht, würde sie sich selbst bei einer Höhe von mehr als 70 Ctm. mit diesem vollständig erfüllen. Zellen dieser Art sind aber die saftleitenden Tracheen und Tracheiden, von welchen der in sie eingetretene Sauerstoff bei der Athmung verbraucht wird. Die hierbei gebildete Kohlensäure diffundirt rasch nach aussen*) oder wird mit dem aufsteigenden Wasser fortgeführt. Die andauernd geringe Tension der in den saftleitenden Hohlräumen enthaltenen Luft kann daher nicht nur nicht befremden, sondern erscheint vielmehr als eine bei den gegebenen Verhältnissen physikalische Nothwendigkeit. Den experimentellen Beweis hierfür an einer einzigen vegetabilischen Zelle zu erbringen, ist selbstverständlich nicht möglich. Durch die in der beschriebenen Weise erfolgende Gasdiffusion sind aber, wie ich in der Abhandlung über die Function der Gefässe (Bot. Ztg. 1879) auseinandergesetzt habe, bedingt:

1) Die bedeutende Gewichtszunahme von in Wasser gestellten frischen Weidenzweigen, welche so lange andauert, bis die wassererfüllten Gefässe mit Thyllen erfüllt sind.

2) Die völlige Wassererfüllung der Tracheen und Tracheiden von ganz unter Wasser kultivirten Stecklingen und von getrockneten Hölzern nach längerem Liegen unter Wasser, sowie von getrockneten Zweigen mit thyllenfrenen Gefässen, welche nur mit einem Ende in Wasser gestellt wurden. — Recht instructiv scheint mir in fraglicher Beziehung folgender Versuch zu sein: In den Tubus von Glasröhren, welche einer 3 Ctm. weiten und 15 Ctm. hohen Flasche mit abgesprengtem Boden ähnlich sind und in einem wasserhaltigen Gefässe stehen, werden die unteren Enden von Weidenzweigen, über welche ein kurzer Kautschukschlauch gestülpt wurde, eingesenkt. Nachdem sich die Stecklinge zu schön bewurzelten Pflanzen entwickelt haben und für comprimirt Luft, welche von ihren

*) In dieser Beziehung möchte ich an die rasche Diffusion der Kohlensäure aus den Hefezellen bei der geistigen Gährung und weiter daran erinnern, dass das Saftsteigen unter normalen Verhältnissen stets in dem äussersten, eben in der Ausbildung begriffenen, also sehr sauerstoffbedürftigen Holze erfolgt. Andererseits hat die Transpiration nach meiner Ueberzeugung, deren nähere Begründung ich mir vorbehalte, in erster Linie den Zweck, das werdende Holz mit Sauerstoff zu versorgen.

oberen Enden aus durchzutreiben versucht wird, impermeabel geworden sind, wird der Kautschukschlauch mit dem Tubus und dem Zweigende luftdicht verbunden und die Röhren, beiläufig zur Hälfte mit atmosphärischer Luft oder mit Stickstoff gefüllt, so tief in Wasser eingesenkt, dass dieses innen und aussen gleich hoch steht. Schon nach einigen Tagen ist die eine oder andere Röhre ganz mit Wasser erfüllt.

Ueber die Spermatozoiden.

Von

E. Zacharias.

Am Schluss meiner Arbeit über die chemische Beschaffenheit des Zellkerns in Nr. 11 d. J. der Bot. Ztg. erwähnte ich, dass die Untersuchung der Spermatozoiden der Pflanzen zu ähnlichen Resultaten zu führen scheine, wie sie Miescher bei seinen Untersuchungen thierischer Objecte erzielte. Dass dem in der That so ist, wird sich aus folgenden, hauptsächlich an Characeen ausgeführten Untersuchungen ergeben. Das Schraubenband der Spermatozoiden von *Nitella syncarpa**) zeigt zwei bis vier Windungen, und ist vorn mit zwei langen schwingenden Wimpern besetzt. Das hintere Ende des Bandes zeichnet sich durch etwas blasserer Aussehen und weniger glatte Contouren vor den übrigen Theilen desselben aus; auch enthält dieses Endstück einige glänzende Tröpfchen. Während dasselbe bei *Nitella syncarpa* meist nicht breiter ist als der übrige Theil des Schraubenbandes, dieses vielmehr continuirlich fortsetzt, hat es bei *Chara aspera* die Gestalt eines kugeligen oder ovalen Bläschens, in welchem sich dann auch hier einige glänzende Tröpfchen befinden. Das Spermatozoid ist also aus drei Formbestandtheilen zusammengesetzt: dem Haupttheil des Schraubenbandes, welcher im Folgenden speciell als Schraubenband bezeichnet werden soll, dem blasserem Endstück oder Bläschen, und den Cilien. Diese Formbestandtheile sind nun auch chemisch different, wie die folgenden Reactionen zeigen. Als Untersuchungsmaterial dienen theils Spermatozoiden von *Nitella syncarpa*, theils solche von *Chara aspera*. Eine Pepsinlösung von der früher angegebenen Zusammensetzung löst das Schraubenband nicht. Dasselbe tritt

*) Vergl. Schacht, Die Spermatozoiden im Pflanzenreich, wo auch die ältere Litteratur zusammengestellt ist.

im Gegentheil, ohne dass vorher Quellungserscheinungen zu bemerken sind, ungemein scharf hervor, wird sehr stark lichtbrechend. Dabei behält es entweder seine Gestalt unverändert, oder es verkürzt und verdickt sich mehr oder weniger. Auch kommt es vor, dass die einzelnen Windungen mit einander verschmelzen, so dass man schliesslich einen homogenen, glänzenden Klumpen vor sich hat. Die Cilien werden fast vollständig gelöst, es bleibt nur ein sehr zartes, substanzarmes Residuum derselben an dem Schraubenbande zurück. Das hintere Bläschen quillt zunächst an, während sich die darin befindlichen Tröpfchen zu etwas grösseren Tropfen vereinigen. Schliesslich sinkt dann das Bläschen wieder zusammen. Weitere Veränderungen können selbst durch 24stündige Einwirkung der Pepsinlösung nicht herbeigeführt werden.

In einer verdünnten Lösung von Kochsalz*) quillt das Schraubenband langsam auf, wobei eine peripherische dichtere Partie in die Erscheinung tritt, welche deutlich von einer centralen, minder dichten unterschieden werden kann. Schliesslich wird das Innere des Schraubenbandes vollständig gelöst und es bleibt nur der äusserste Theil desselben als zartes Häutchen zurück, welches sich auf Zusatz einer Lösung von Jod in Jodkalium braun färbt und zusammensinkt. Das hintere Bläschen des Spermatozoids quillt zunächst an, um dann wieder zusammenzusinken. Die Cilien hingegen erfahren keine Quellung. Im Gegentheil bleiben dieselben auch bei längerer Einwirkung der Kochsalzlösung sehr schön scharf. Lässt man 24 Stunden lang concentrirte Salzsäure auf die Spermatozoiden einwirken, so bleiben von dem Schraubenbande ebenso wie nach der Behandlung mit Kochsalzlösung nur zarte peripherische Theile ungelöst, desgleichen das hintere Bläschen mit seinen Tröpfchen. Auch die Cilien werden nicht gelöst, schrumpfen jedoch ein wenig zusammen, und behalten das frische Aussehen nicht in dem Maasse bei wie nach der Behandlung mit Kochsalzlösung.

Nach der Behandlung der Spermatozoiden mit Pepsinlösung zeigen die unverdauten Theile folgende Reactionen: Destillirtes Wasser ist wirkungslos. Alkohol löst, wenigstens der Hauptmasse nach, die in dem hinteren

*) 10 Theile einer bei gewöhnlicher Temperatur gesättigten Lösung auf 15 Theile Wasser. Diese Lösung wurde auch in später zu besprechenden Fällen verwendet.