

1036

Cens.
9970.

Russow.
-

Ueber den Zusammenhang

der

Protoplasmakörper

benachbarter Zellen

von

Prof. Dr. C. Russow.

(Sonderabdruck aus den Sitzungsberichten der Dorpater Naturforscher-Gesellschaft
September 1883.)



Bibliotheca
universitatis
Jurievensis.

Dorpat.

Druck von E. Mattiesen.

1883.

Von der Censur gestattet. — Dorpat, den 19. December 1883.

Est. A

Tartu Riikliku Ülikooli
Raamatukogu

23438

Bibliotheca
universitatis
dorpatis

Herr Prof. E. Russow sprach über die Perforation der Zellwand und den Zusammenhang der Protoplasmakörper benachbarter Zellen. 1)

Den Nachweis, daß die Membran lebender Parenchymzellen (im Endosperm von Strychnos, Areca und anderer Palmen) perforirt, und von feinen Fäden einer durch Carmin sich tingirenden Substanz durchsetzt ist, lieferte zuerst Tangl. 2)

Vor zwei Jahren glückte es mir, gelegentlich meiner Siebröhrenuntersuchungen, zu constatiren, daß die siebartig punktirten, dabei häufig gitterartig gefelderten Schließhäute der Tüpfel des Bastparenchyms und Strahlenparenchyms zahlreicher Holz- und einiger Staudengewächse perforirt und daß die feinen Canälchen der Schließhäute von einer durch Jodpräparate sich gelbbraun färbenden Substanz, wahrscheinlich Protoplasma, erfüllt sind. 3)

1) Folgendes Referat meines Vortrages bitte ich als vorläufige Mittheilung zu betrachten, der bald an einem anderen Orte eine eingehendere Darstellung, erläutert durch zahlreiche Abbildungen, folgen wird.

2) Jahrb. f. wiss. Botanik, XII, 1880, pag. 170 u. ff.

3) Sitzungsber. d. Dorp. Naturfsgsch. 1882, Januar Sitzung.

Bald darauf wurde von Gardiner⁴⁾ an den Zellen des Pulvinus von Mimosa, Robinia und Amicia, eine siebartige Perforation der Tüpfelschließhäute erkannt und durch Anwendung contrahirender, erhärtender und tingirender Mittel das Erfülltsein der die Schließhäute durchsetzender Canälchen mit Protoplasma wahrscheinlich gemacht.

Süngst hat Hillhouse⁵⁾ gezeigt, daß durch Anwendung von Jod und Schwefelsäure von gewisser Concentration, nachdem die Zellhaut gequollen und schließlich durch concentrirte Schwefelsäure gelöst worden, die erhaltenen Protoplasmakörper an zahlreichen Stellen ihrer Peripherie in Fäden ausgezogen erscheinen, die mit correspondirenden Fäden der Nachbarzelleninhalte communiciren.

Wird durch die vorstehend⁶⁾ bezeichneten Untersuchungen die Perforation der Membran lebender Parenchymzellen erwiesen, so ist doch, scheint mir, durch dieselben die Continuität des Protoplasma benachbarter Zellen nicht über allen Zweifel gestellt worden, denn in allen den Fällen, wo nicht quellende Mittel angewandt wurden, bleibt der Einwand bestehen, daß es bei dem äußerst geringen Querdurchmes-

4) Quart Journ. of Microscop. Scienc. Oct. 1882.

5) Bot. Centralbltt. XIV, Nr. 3 u. 4.

6) Auf die Untersuchungen Frommanns: Beobachtungen über Structur und Bewegungserscheinungen des Protoplasma der Pflanzenzellen, soweit dieselben den in Rede stehenden Gegenstand betreffen, einzugehen, bin ich durch die Kritik Gardiners (in dessen: some recent Researches on the Continuity of the Protoplasma throug the Walls of vegetable Cells. Quart. Journ. of microscop. Scien. 1883, pag. 311 u. ff.) der ich mich voll anschliesse, überhoben.

fer der Schließhaut, resp. bei der äußerst geringen Länge der die Schließhaut durchsetzenden Fädchen, nicht möglich wird die protoplasmatische Natur letzterer mit Sicherheit zu erkennen; es könnten nach der Tinction zu urtheilen, die Fädchen aus Eiweiß oder Schleim, wie die Verbindungsfäden in den Siebplatten der Siebröhren, bestehen. An den Quellungspräparaten Hillhouse's ist die Mittellamelle und ebenso die Schließhaut der Tüpfel garnicht oder nur sehr wenig gequollen, so daß an seinem gelungensten, in Fig. 4 a. a. O. dargestellten Präparat, die Ausfüllung der feinen, die wenig gequollene Schließhaut durchsetzenden Canälchen mit Protoplasma, durchaus zweifelhaft bleibt.

Um das Vorhandensein von Protoplasmafäden, welche durch die Schließhautporen von Zelle zu Zelle reichen, unzweifelhaft darzuthun, bedarf es vor Allem einer sehr starken Quellung der Mittellamelle und deren Fortsetzung in die Tüpfelschließhaut, wie der Erhaltung der Protoplasmafäden innerhalb der Schließhautporen. Es darf daher kein Alcoholmaterial in Untersuchung genommen werden; ebensowenig dürfen die Schnitte unter Alcohol angefertigt werden, wie es von Hillhouse geschehen. Wie mir meine Untersuchung gezeigt, bewirkt auch das Anschneiden der Zellen eine Extraction der Plasmafäden aus den Schließhautkanälchen, denn nur an den intact gebliebenen Zellen vermochte ich die Continuität des Protoplasma benachbarter Zellen wahrzunehmen. Um die erforderliche Quellung zu bewirken, erwies sich mir die Behandlung mit Natriumjodlösung (0,2% Nod

und 1,64 % Jodkalium) und dreiviertel Schwefelsäure mit einem Zusatz concentrirter Schwefelsäure am geeignetsten. Die von frischem Material hergestellten Schnitte wurden mit einem Tropfen der bezeichneten Jodlösung getränkt und mit Deckglas belegt. Auf den Objectträger wurde ein Tropfen concentrirter Schwefelsäure gebracht und mit drei Tropfen der Dreiviertel-Schwefelsäure gemischt, dann mit dem Glasstabe an den Rand des Deckglases bewegt und von der entgegengesetzten Seite des Deckglases mittelst Anlegen von Fließpapier rasch durchgesogen. Nachdem die Schnitte sich gleichmäßig tiefblau gefärbt, wurde nach Abnehmen des Deckgläschens mit Wasser mehrfach ausgewaschen und schließlich mit Anilinblau gefärbt. In manchen Fällen erwies es sich als zweckmäßig vor dem Tingiren die gequollenen Schnitte einige Minuten der Einwirkung von Picrinsäure auszusetzen. Präparate, welche allen Anforderungen entsprechen, d. h. an welchen man in überzeugendster Weise den Zusammenhang der Protoplasmakörper benachbarter Zellen wahrnimmt, sind am sichersten und leichtesten zu erlangen an tangentialen Schnitten, die man der secundären Rinde dicotyler Gewächse (an der vom Holzkörper abgelösten Fläche) entnimmt. Von sämtlichen untersuchten Holzgewächsen lieferte *Rhamnus Frangula* in seiner Rinde das geeignetste Material. Am schönsten und häufigsten traten hier, wie überhaupt in den Rinden, die Protoplasmafäden zwischen benachbarten Bastparenchymzellen wie diesen und Baststrahlzellen auf; seltener sind sie zwischen Baststrahlzellen unter einander wahrzunehmen, was

feinen Grund wohl in dem Umstande hat, daß an tangentialen Schnitten (wenn sie dünn sind) die meisten Baststrahlzellen angeschnitten sind.

Wählen wir einen Schnitt, an dem zahlreiche neben und über einander gelegene Bastparenchymzellen sichtbar und so orientirt sind, daß die Längsaxen von oben nach unten (vertical) im Gesichtsfelde verlaufen. Der Kürze halber wollen wir in Folgendem den Protoplasmainhalt der Zellen „Cytoplast“ nennen.

In der Längsrichtung erscheint die Peripherie der Cytoplasten tief wellenförmig gebuchtet, in der Querrichtung gerade abgeschnitten oder nur wenig uneben. Die Ausbuchtungen der Cytoplasten entsprechen natürlich den Tüpfeln, die Einbuchtungen den verdickten Theilen der Zellhaut zwischen den Tüpfeln. Aus- wie Einbuchtungen sind nahezu von gleicher Ausdehnung, stumpf gerundet, seltener spitz auslaufend. Bei starker Quellung der Zellwand kommt der Abstand der benachbarten Cytoplasten etwa ihrem Querdurchmesser gleich; in den meisten beobachteten Fällen erreichte die Quellung geringere Dimensionen, so daß die gequollene Mittellamelle, resp. Schließhaut etwa dem dritten Theil des Querdurchmessers der betreffenden Zellen gleich kam.

Zwischen den correspondirenden Ausbuchtungen zweier Cytoplasten erblickt man drei bis fünf perl-schnurartige Fäden quer ausgespannt derart, daß die oberen und unteren Fäden ziemlich stark bogig gekrümmt verlaufen; in jedem Faden zählt man drei bis sieben, meist fünf rundlich eckige ziemlich äquidistante Körnchen, woher die zwischen den Cytoplasten

ausgespannten Fadengruppen, den Kerntheilungsfiguren ähnelnd, Bilder von fast schematischer Gleichförmigkeit gewähren. Ein anderes Bild bieten die durch die stark gequollene Querwand in senkrechter Richtung zwischen den über einander liegenden Cytoplasten ausgespannten Fäden, die übrigens nicht an sämtlichen Querwänden der Bastparenchymfasern mit gleicher Schärfe zu sehen sind. Man erblickt dicht neben einander, in der ganzen Ausdehnung der Querwand, fast äquidistante, einander parallele, äußerst feine, mit kleinen Rauigkeiten und Granulationen versehene Fäden sich von einem Cytoplasten zum anderen hinüberziehen. Ist die Mittellamelle wenig gequollen, so erscheinen die Protoplasmafäden in der Mitte deutlich dicker als nach den Enden hin; bei starker Quellung der Mittellamelle zeigt jeder Protoplasmafaden an zwei Stellen, die etwa um ein Drittel der ganzen Länge des Fadens von einander und von den Enden des Fadens abstehen, deutliche Verdickungen von Spindelform oder gestreckten Knötchen; diese correspondiren in sämtlichen Fäden, so daß in der gequollenen Querwand dem Beobachter zunächst 2 einander parallele Horizontalreihen zarter Spindeln oder Knötchen in die Augen fallen; bei genauerem Hinsehen erblickt man die feinen Verbindungsfäden in verticaler Richtung zwischen den Spindeln und diesen und den Cytoplasten verlaufen. Ich brauche wol kaum hervorzuheben, daß diese letztgeschilderte Erscheinung besonders lehrreich ist, insofern dieselbe schlagend die Continuität des Protoplasma benachbarter Zellen darthut; in dem zuerst beschriebenen

Fall ist der Einwand nicht ganz abzuweisen, daß nämlich in der Mitte des verdickten Verbindungsfadens das Protoplasma eine Unterbrechung irgend welcher Art erleide.

Die Verbindungsfäden zwischen Bastparenchym- und Baststrahlzellen verhalten sich denen in den Längswänden der Bastparenchymzellen gleich, nur ist die Zahl der Fäden eines Tüpfels meist geringer. Die Baststrahlzellen unter einander sind in verticaler Richtung durch feine Fäden verbunden, wie wir sie eben an den Querswänden der Bastparenchymzellen kennen gelernt und ebenso sind die Verbindungen zwischen den Baststrahlzellen in der Richtung des Stammradius, wovon man sich an Radialschnitten überzeugen kann.

Die in der Frangula-Rinde beobachteten Erscheinungen treten in gleicher oder sehr ähnlicher Weise an den Rinden der übrigen Holzgewächse dem Beobachter entgegen, nur gelingt es nicht so leicht die Mittellamelle und die Schließhäute zu so hochgradiger Quellung zu bringen als es wünschenswerth ist. Besonders ungünstig verhalten sich hierin die Nadelhölzer, wie mir scheint, wegen der relativen Dünnwandigkeit, resp. Weitlichtigkeit der Bastparenchymzellen. Denn bei denselben Pflanzen, deren Bastparenchymzellen leicht quellen, ist an den sehr wasserreichen weitlichtigen und dünnwandigen Parenchymzellen der primären Rinde in seltensten Fällen eine genügende Quellung der Membran, zumal der Mittellamelle oder Schließhäute zu erzielen. In vielen Fällen jedoch ist sicher die Beschaffenheit der Zellwand maßgebend;

so ist es mir einerseits bei den Algen, andrerseits bei sämtlichen verholzten Zellwänden nie gelungen die Mittellamelle zur Quellung zu bringen.

In Bezug auf die Größe der in den Verbindungsfäden der Bastparenchymzellwände befindlichen Körnchen kommt *Viburnum Opulus* und die Eiche *Rhamnus Frangula* am nächsten; bei *Acer* und *Evonymus* sind die Körnchen viel kleiner und bei den übrigen untersuchten Holzgewächsen, wie *Fraxinus*, *Prunus*, *Populus*, *Alnus*, *Aesculus*, *Sorbus*, *Daphne*, *Pinus*, *Picea* bestehen die Verbindungsfäden aus einem sehr feinkörnigen Protoplasma, ebenso bei den Stauden- und Schlinggewächsen als: *Lappa*, *Gentiana cruciata*, *Lunaria rediviva*, *Epilobium*, *Humulus*, *Cucurbita*, *Solanum Dulcamara* u. s. w.

In ausgezeichneter Vollkommenheit und Klarheit wurden an einigen Präparaten von *Fraxinus*, *Humulus* und *Gentiana* die zwischen den Cytoplasten ausgespannten Fädengruppen (ähnlich den Kerntheilungsfiguren) beobachtet. Ferner wurden bei *Humulus* die die Querswände der Bastparenchymzellen durchsetzenden, zahlreichen feinen Fäden, bei sehr starker Quellung der Mittellamelle, in ausgezeichnet schöner Weise wahrgenommen.

Sehr auffallend ist das Verhalten der Geleitzellen bei sämtlichen untersuchten Gewächsen. Obgleich die Membranen der Siebröhren wie die der angrenzenden Geleitzellen beträchtlich und sehr beträchtlich quellen, konnte doch nie, weder zwischen Geleitzellen und Siebröhren noch Geleitzellen und Bastparenchym- oder Baststrahlzellen eine Continuität des

Protoplasma wahrgenommen werden. In zahlreichen Fällen zwar erschienen die Contouren der Cytoplasten der Geleitzellen nicht glatt, sondern an mehreren Stellen in kurze, feine, spitzzulaufende oder in ein Knötchen endigende Fortsätze ausgezogen, doch ließ sich eine Verbindung dieser Fortsätze mit dem Inhalt benachbarter Elemente durch feine Fäden in keinem Fall constatiren. Es ist das um so auffallender als die Geleitzellen, wie mir scheint, Speicher darstellen, in welchen die in den Siebröhren gebildeten Eiweißstoffe zeitweilig abgelagert werden. Nichts desto weniger glaube ich, daß auch die Geleitzellentüpfel, welche übrigens äußerst feicht und zart sind, perforirt sind. Daß aber die äußerst feinen Poren nicht von Protoplasma, sondern homogenem, durchsichtigem Eiweiß erfüllt sind, woher man keine Fäden wahrnimmt. Zu dieser Annahme bin ich durch das Verhalten der Verbindungsstränge der Siebfelder der Siebröhren geführt worden.

An den in oben geschilderter Weise hergestellten Präparaten nämlich sind nicht nur die relativ dicken Verbindungsstränge zwischen den Schleimsträngen benachbarter Siebröhren in den Siebplatten der Querswände, sondern auch die feinen Verbindungsfäden, welche durch die äußerst engen Poren der Siebfelder hindurch gehen, in überraschender Schärfe wahrnehmbar, wenn die Mittellamelle hinglänglich gequollen ist. Als besonders geeignete Untersuchungsobjecte erwiesen sich: *Rhamnus Frangula*, *Prunus Padus*, *Cucurbita*, *Acer*, *Ulmus*, *Sorbus*, *Crataegus*, *Eronimus*, aber auch bei allen übrigen oben genannten Gewächsen

wie mehreren anderen, mit Ausnahme der Pteridophyten, gelang es die zarten Verbindungsfäden der Siebfelder nachzuweisen, und habe ich bei den Abietineen, wo es mir früher durchaus nicht glücken wollte, die die Callusprospfen durchsetzenden Schleimfäden wahrzunehmen, jetzt in überraschender Klarheit die Verbindungsfäden (nach Auflösung der Callusgebilde) gesehen. Dabei hat sich ferner herausgestellt, daß die bisher räthselhaften Knötchen¹⁾ in der Mittellamelle der Siebplatten nichts Anders als Verdickungen oder Anschwellungen der Verbindungsfäden in deren Mitte darstellen. Ganz ähnliche Anschwellungen der Verbindungsfäden zwischen den Cytoplasten benachbarter Bastparenchymzellen habe ich bei der Esche besonders auffallend, aber auch anderwärts, z. B. an den Endospermzellen von *Latania borbonica*, beobachtet, dagegen nie an den Verbindungssträngen der Siebfelder der Angiospermen. Hier ziehen sich die Verbindungsstränge in gleicher Dicke durch die gequollene Membran, resp. Mittellamelle, ihrer ganzen Ausdehnung nach quer hindurch, als homogene, hyaline Fäden, die in ihrer mittleren Partie durch Anilinblau nur sehr schwach tingirt werden. Denken wir uns die Fäden zwischen Siebröhren und Geleitzellen noch dünner, aus ebenfalls homogenem, schwach tingirbarem Schleim, so wird es erklärlich, daß man die feinen Fäden nicht sieht. Daß der Inhalt der Geleit-

1) Cfr. Sitzungsber. d. Dorp. Naturforschergesellschaft 1882 Februarstg. pag. 271 und vergleiche auch Strasburger, über den Bau und das Wachsthum der Zellhäute, pag. 58, wo die Knötchen für gequollene Stellen der Schließhaut erklärt werden.

zellen ebenso wie der der Siebröhren vorherrschend aus Schleim oder Eiweiß besteht, geht aus der gleichen Tinction mittelst Anilinblau hervor; es färbt sich nämlich der Inhalt der Geleitzellen ebenso wie der Schleimstrang der Siebröhren tief blau, während die Cytoplasten der Bastparenchym- und Baststrahlzellen licht blaue Färbung annehmen. Ferner verdient hervorgehoben zu werden, daß der Inhalt der Geleitzellen wie der Siebröhren, an der Oberfläche wenigstens, sehr fein gekörnt, doch deutlich granulirt erscheint, während die Verbindungsstränge der Siebplatten wie Siebfelder ein durchaus glattes, homogenes Ansehen gewähren. Daraus schließe ich, daß die Protoplasma-wandbeläge (Hüllschläuche) der Siebröhren sich nicht in die Siebkanäle hineinsetzen, da andernfalls die Verbindungsstränge fein granulirt erscheinen müßten, wie die Plasmasfädchen zwischen den Cytoplasten benachbarter Parenchymzellen. Schließlich will ich noch hervorheben, daß in den Geleitzellen niemals Stärke angetroffen wurde.

Kehren wir zurück zu den Verbindungsfäden der Cytoplasten benachbarter Zellen.

Die Forscher, welche Untersuchungen bezüglich der Perforation der Tüpfelschließhäute bisher ausgeführt, haben nur ausgebildete Dauerzellen berücksichtigt ohne auch nur die Frage nach der zeitlichen Entstehung der Perforation oder dem Modus der Entstehung aufzuwerfen.

Da die Perforation der Zellwand solcher Elemente, welche frühzeitig ihren Inhalt verlieren, wie die Gefäße oder die hyalinen Zellen des Sphagnum-

Blattes relativ spät auftreten, d. h. kurz vor der vollständigen Ausbildung und bei den Siebröhren, nach den bisher vorliegenden Untersuchungen zu schließen, die Perforation erst nach dem Auftreten des Callus, also auch relativ spät sich bilden, so liegt es nahe anzunehmen, daß die Perforation der Tüpfelschließhäute parenchymatischer Zellen ebenfalls nachträglich, d. h. nachdem die Membran vollständig ausgebildet, durch Resorption zu Stande kommen. Doch scheint mir auch a priori die Annahme berechtigt, welche die Entstehung der Wanddurchlöcherung mit der Bildung der Wand zusammenfallen läßt, zumal im Hinblick auf die Bildung der Haut der Schwärm-sporen zu einer Zeit wo die Cilien noch vorhanden und beweglich sind²⁾. Erinnern wir uns der Vorgänge, welche bei der Zelltheilung im Protoplasma-körper der Zellen statt haben, der Protoplasmafäden die zwischen den Kernpolen ausgespannt sind und dessen, daß die sich bildende Scheidewand in der Mitte des Fadencomplexes, rechtwinklig zum Verlauf der Fäden auftritt — was liegt da wol näher als die Annahme, es bilde sich die Membran, ohne die Fäden, wie bisher allgemein angenommen wird, zu durchschneiden, in Form einer durchlöcherten Platte aus, durch welche die persistirenden Fäden hindurch gehen, und es bleibe so die Continuität des Protoplasma der beiden Schwesterzellen erhalten. Zu dieser Annahme hat mich die wiederholt gemachte Beobachtung geführt, daß die Primordialektüpfel der radialen

2) Strasburger, a. a. O. pag. 248 und 249.

Wände der Cambiumzellen perforirt und von relativ dicken Protoplasmafäden durchsetzt sind. Ferner wird meine Annahme gestützt durch den Nachweis von Verbindungsfäden zwischen den Cytoplasten der Zellen des Vegetationskegels in einer Region, wo noch mehrfache Theilungen statt haben.

Öftt man zur Zeit lebhafter Cambiumthätigkeit die Rinde vorsichtig vom Holzkörper ab, so bleibt regelmäßig die Cambiumschicht an der Rinde haften, gewöhnlich auch noch eine dünne Schicht jüngster Holzzellen. Fertigt man nun Flächenschnitte von der eben abgelösten Rinde an und behandelt diese in oben geschilderter Weise, so erblickt man in der Mitte der relativ dicken, quer zwischen den Cytoplasten ausgespannten Verbindungsfäden eine beträchtliche Verdickung oder Anschwellung; in diesem Fall ist die Mittellamelle sehr wenig gequollen, ebenso die Schließhaut der Primordaltüpfel, es wird daher die Perforation letzterer nicht zweifellos. Dagegen trifft man stellenweise die Mittellamelle wie die Schließhäute der Tüpfel sehr stark gequollen und dann giebt sich die Perforation der Schließhaut auf's Deutlichste kund.

Man erblickt nämlich an jedem der lang ausgezogenen, aus feinkörnigem Protoplasma bestehenden Verbindungsstränge, die zwischen den benachbarten Cytoplasten ausgespannt sind, an zwei Stellen eine Anschwellung; das mittlere Stück des Fadens zwischen den beiden Anschwellungen, dann und wann der Länge nach in zwei Fäden gespalten, repräsentirt natürlich das in den Poren der Schließhaut befindliche, durch

die Quellung der Mittellamelle gleichsam ausgespinnene Protoplasma, während die Stücke zwischen den Anschwellungen und den Cytoplasten das in den Tüpfelgruben gelegene, ebenfalls stark gedehnte Protoplasma des Verbindungsfadens darstellen. Die überzeugendsten und schönsten Präparate derart habe ich von *Daphne Mezereum* und *Prunus Padus* gewonnen, aber auch *Fraxinus*, *Alnus*, *Cucurbita*, und andere Dicotylen wie auch *Pinus* und *Picea* lieferten Präparate, welche die geschilderten Verhältnisse in befriedigender Weise wahrnehmen ließen.

Bei *Prunus Padus* gelang es mir sogar an jungen Holzzellen die Perforation der Schließhäute und Verbindungsfäden zu sehen; selbst an jungen Hoftüpfeln schien der Torus von Protoplasmafäden durchsetzt zu werden. Bei *Pinus silvestris* haftet, was auch von Strasburger hervorgehoben wird, das Protoplasma lange und sehr fest an der Schließhaut des Hoftüpfels, zumal am Torus. Ich glaube nicht zu irren, wenn ich in der, von mir am jugendlichen Torus beobachteten Querstreifung¹⁾ den Ausdruck feiner Perforation erblicke und in der zart netzartigen oder gefelderten Zeichnung, die der Torus alter ausgebildeter Hoftüpfel erkennen läßt²⁾ gleichsam die vernarbten Stellen ehemaliger Perforationen sehe; denn da die Primordialektüpfel der Cambium- und Jungholz-zellen unzweifelhaft perforirt sind, die Schließhäute der ausgebildeten Hoftüpfel aber unzweifelhaft ge-

1) Cfr. Bot. Centralblatt 1883, Tafel I, Figur 6.

2) Cfr. Bot. Centralblatt 1883, Tafel IV, Fig. 39 u. 41.

geschlossen sind, so muß mit der Zeit eine Verstopfung der Canälchen durch Zellhautsubstanz erfolgen und ist es plausibel, daß diese nachträglich entstandenen Membranpfropfen sich optisch von der übrigen Membran differenziren.

Ob die Tüpfelschließhäute der Holzparenchym- und Holzstrahlzellen geschlossen oder perforirt sind, ist mir auszumachen bisher nicht geglückt, weil die Schließhaut wie Mittellamelle der verholzten Elemente durch Schwefelsäure nicht zum Quellen zu bringen ist; übrigens halte ich die Perforation der Schließhäute der Tüpfel genannter Elemente für mehr als wahrscheinlich.

Kehren wir zur Betrachtung der Rinde zurück. Die Mehrzahl der Tüpfel findet sich an den radialen Wänden der Rindenelemente, wenigstens bei den Bastparenchymzellen und Siebröhren, bei den Coniferen-Siebröhren bekanntlich nur an den radialen Wänden. Die Cambiumzellen theilen sich vorherrschend durch tangentielle Wände, somit werden die in einer einfachen Reihe angeordneten Primordialtüpfel der radialen Wände bei jedesmaliger Theilung halbirt. Vor jeder Theilung vergrößert sich die radiale Wand um das Doppelte durch Dehnung in radialer Richtung, mithin nehmen auch die Tüpfel um das Doppelte an Durchmesser zu und folglich auch in gleichem Maße die feinen Perforationen der Schließhaut des Primordialtüpfels. Damit die Zahl der Perforationen gleich bleibe, muß eine Verdoppelung derselben nach jedesmaliger Theilung statt haben, was dadurch erfolgt, müssen wir uns denken, daß die die Löcher durch-

setzenden Protoplasmafäden der Länge nach sich spalten und daß in den Spalt zwischen den Fäden Cellulosesubstanz ausgeschieden wird. Durch die weitere Dehnung der radialen Wände bei dem Uebergang der Jungelemente in Dauerelemente, werden die Tüpfel wie die Poren gleichfalls vergrößert und letztere wiederholt getheilt, woher die Schließhäute der ausgebildeten Tüpfel zahlreichere Poren aufweisen als die Primordiale Tüpfel der Cambiumzellen.

Ist nun den angeführten Beobachtungen und den sich daran knüpfenden Ueberlegungen zufolge nicht daran zu zweifeln, daß die Perforation der Tüpfel an den radialen Wänden ursprüngliche und nicht durch Resorption nachträglich entstandene sind, so dürfen wir wol annehmen, daß auch die Perforationen der tangentialen und Querwände der Bastparenchym- und Baststrahlzellen ursprüngliche, d. h. bei der Bildung der Membran entstandene Löcher sind und zwar in der oben angedeuteten Weise, in Folge Persistirens der zwischen den getrennten Protoplasmaförpern der Mutterzelle ausgespannten Fäden.

Aus diesen Beobachtungen folgt ferner, daß die gitter- oder siebartigen Perforationen der Quer- und Längswände der Siebröhren (wenigstens so weit diese vom Cambium gebildet werden) ursprüngliche und nicht wie man nach den bisherigen Untersuchungen allgemein annahm, durch nachträgliche Resorption, resp. Umwandlung der Cellulose in Callussubstanz entstandene Löcher sind. Hierbei möchte ich die Vermuthung aussprechen, daß die relativ weitlichtigen Löcher der Siebplatten, wie beim Kürbis, der Esche,

Ulme u. a. vielleicht sämtlicher Siebplatten durch Verschmelzen mehrerer, eng benachbarter, gruppenweise angeordneter Pöcherchen hervorgehen, während die sehr zahlreichen und engen Pöcher der Siebfelder durch Theilung oder Spaltung, in der oben angedeuteten Weise, entstehen.

Vorstehenden Mittheilungen möchte ich die Besprechung einer interessanten bisher übersehenen Thatsache hinzufügen, welche ich bei Ausführung der in Rede stehenden Untersuchungen zu beobachten mehrfach Gelegenheit gehabt.

Bei der Untersuchung der Rinden fiel mir das regelmäßige Vorkommen von Protoplasma oder schleimiger Substanzen in den Interzellulargängen derjenigen Region auf, welche aus den jüngsten ausgebildeten Elementen der Rinde besteht. Schon damals als ich bei der Untersuchung der Rinde und des Holzes die Anwesenheit lusterfüllter Interzellularen entdeckte, welche zwischen den Markstrahlzellen und diesen und den angrenzenden Elementen continuirlich aus dem Holz durch die ganze Zuwachsregion und das Cambium hindurch, in Form schwarzer Linien, bis in die Rinde verlaufen, erregte der Umstand meine Aufmerksamkeit, daß ein großer Theil der schwarzen Linien an der Uebergangsstelle in die eben ausgebildete Geweberegion der Rinde wie abgebrochen erscheinen; ich glaubte diese Erscheinung durch die Annahme einer Verbiegung der Markstrahlen an der betreffenden Stelle erklären zu müssen, da solche Verbiegungen thatsächlich mehrfach vorkommen. Nunmehr hat sich ergeben, daß in der bezeichneten Region bei

der Mehrzahl der Markstrahlen die in den Interzellularen eingeschlossene Luft größtentheils verdrängt ist durch plastische Substanzen, welche durch Jodpräparate wie Anilinfarbstoffe sich dem Protoplasma gleich tingiren. Entweder sind die Lumina der Interzellularen gänzlich erfüllt oder es liegt, zumal wenn die Lumina weit sind, ein zarter plasmatischer Belag den, die Interzellularen begrenzenden, Wandstücken der Zellen, dicht an. Trotz vielfachen Suchens ist es mir nur einmal, bei *Acer*, geglückt (an einem tangentialen Schnitt) eine Verbindung des Zellplasma mit dem Interzellularplasma, vermitteltst feiner, die Membran durchsetzender Fäden wahrzunehmen. Da, wie ich früher nachgewiesen, bei einiger Verdickung der Zellwände stets gegen den Interzellulargang orientirte Tüpfelcanäle vorkommen, so ist es wahrscheinlich, daß auch die Schließhäute dieser Tüpfel perforirt sind, denn anders wäre wol kaum das Vorkommen plastischer Substanzen in den Interzellulargängen zu erklären, eine Erscheinung die recht weit verbreitet zu sein scheint.

In ausgezeichnete Weise ist in dem Pulvinus von *Mimosa pudica* die Ausbildung sämtlicher Interzellularen mit Plasmahäuten zu beobachten die gleichsam ein communicirendes Röhrensystem oder ein System netzartig verzweigter Schläuche darstellen, sobald man die Schnitte (Quer- wie Längsschnitte) mit Jod und Schwefelsäure in der oben geschilderten Weise behandelt. Ferner habe ich in den Knospenschuppen von *Fraxinus* und im Rhizom von *Iris* die Interzellularen zum großen Theil plasmahaltig gefunden.

Sehr auffallend ist ein feinkörniger Inhalt in den Interzellulargängen zahlreicher Farne, namentlich der Cyatheaceae, wie *Alsophila*, *Dicksonia*, *Cibotium*, unter den Polypodiaceen bei *Pteris aquilina*. An den frischen Schnitten, in Wasser, erscheinen die Interzellularen schwarz wie mit Luft erfüllt, doch bei näherer Untersuchung, namentlich an Längsschnitten, erwiesen sich die Gänge nicht gleichmäßig von Luft erfüllt, sondern wie mit einer Anzahl unregelmäßiger, eckiger Luftbläschen vollgestopft. Bei längerem Liegen der Schnitte in Chlorzinkjod oder nach Behandlung mit Jod und Schwefelsäure, schwindet die Luft mehr oder weniger bis vollständig und nunmehr erscheinen die Interzellularen wie mit einer zarten, gumösen, körnigen braunen Masse angefüllt; die Körnchen haften einander und den Wänden der angrenzenden Zellen fest an. Ich vermag mir diese Erscheinung nur durch die Annahme zu erklären, daß die körnige Masse aus Protoplasma entstanden, welches durch Perforationen der Zellwand in die Interzellularen gedrungen. Ebenso glaube ich nicht zu irren, wenn ich die zahlreichen, relativ großen Warzen oder zapfenartigen, cutisirten (?), in die Interzellulargänge hineinragenden Vorsprünge der Zellwände bei *Aspidium Sieboldi*, *Blechnum brasiliense* u. a., oder die durch die Untersuchungen Querssen's bekannten Cuticularfäden in den Interzellularen der Marattiaceen für Gebilde halte, welche aus Protoplasmafäden hervorgegangen, die durch Perforationen der Zellwand in die Interzellulargänge gedrungen. Hiermit wäre der Appositionstheorie, welche die besagten Erscheinungen nicht

befriedigend zu erklären vermochte, eine große Schwierigkeit aus dem Wege geräumt.

Ich glaube nicht auf Widerspruch zu stoßen, wenn ich die durch Untersuchung zahlreicher Objecte aus verschiedenen Pflanzengruppen und verschiedener Pflanzentheile, eruirten Thatsachen verallgemeinere und behaupte, daß in jeder Pflanze während ihres ganzen Lebens das Gesamtprotoplasma in Continuität steht. Die multicellulare Pflanze wäre von der unicellularen hauptsächlich darin verschieden, daß in ersterer das Protoplasma von zahlreichen sieb- oder gitterartig durchbrochenen Platten durchsetzt wird, während bei letzterer das Protoplasma ungekammert bleibt. Wir können somit die Pflanze auffassen als einen Protoplasma-körper der bei den einzelligen kleinen Formen nur an seiner Oberfläche eine Membran ausscheidet, bei den vielzelligen, meist großen und sehr großen Formen, auch in seinem Innern und zwar meist sehr zahlreiche Membranen ausscheidet, die zur Wahrung der Continuität der lebenden Körpersubstanz sich in Form durchlöcherter Platten ausbilden. Freilich sind die Löcher dieser Platten meist von unmeßbar geringem Durchmesser, der sich auf 0,1 bis 0,5 Mikron schätzen läßt.

Die aus dem Nachweis der Continuität des Protoplasma sich ergebenden Konsequenzen hinsichtlich der Stoffbewegung von Zelle zu Zelle überlasse ich jedem selbst zu ziehen; hier möchte ich nur noch auf die Bedeutung der die Plasmakörper benachbarter Zellen verbindenden Protoplasmafäden als Vermittler dynamischer Reize hinweisen. Es hat bekanntlich

H a n s t e i n die Vermuthung ausgesprochen, daß die Siebröhren eine den Nerven des thierischen Körpers analoge Function haben könnten, insofern sie Leiter dynamischer Reize seien. Da jedoch ein directer Zusammenhang der reizbaren Substanz, nämlich des Protoplasma der benachbarten Siebröhrenglieder sich nicht nachweisen läßt, wenigstens im völlig ausgebildeten Zustande der Siebröhren nicht, indem nur die Schleimstränge unter einander mittelst der die Siebplatten wie Siebfelder durchsetzenden Verbindungsstränge zusammenhängen, so scheinen mir die Siebröhren, die ich in erster Linie für Eiweißlaboratorien halten muß, für die Fortleitung dynamischer Reize durchaus ungeeignet. Dagegen erscheint es unzweifelhaft, daß die, einen Protoplasmakörper treffenden, Reize sich von Zelle zu Zelle mittelst der durch die Wand hindurchgehenden, Protoplasmafäden fortpflanzen können, und somit wird uns das einheitliche Zusammenwirken des Zellenstaates jetzt verständlicher als früher, wo man die Zellen als vollständig geschlossene, nur auf osmotischem Wege mit einander communicirende Körper betrachtete.



Est A-14730

TÜ RAAMATUKOGU



1 0300 00759552 5