

Est. A - 16315.  
Separat-Abzug  
aus den Sitzungsberichten der  
Dorpater Naturforscher-Gesellschaft.  
Jhrg. 1882.  $\frac{17}{II}$ .

Bau u. Entwicklung  
des  
Siebröhren.

TARTU ÜLIKOOLI  
RAAMATUKOGU

i 29131297

17 Februar 1882

Prof. Russow sprach über den Bau und die Entwicklung der Siebröhren und schloß daran Mittheilungen über Bau und Entwicklung der secundären Rinde der Dicotylen und Gymnospermen.

Durch die zufällige Entdeckung <sup>1)</sup>, daß Anilinblau von der Callussubstanz der Siebröhren dauernd aufgespeichert wird, wurde ich zu einem eingehenderen Studium der Callusgebilde angeregt. In der Aprilsitzung des vorigen Jahres machte ich hier die Mittheilung, daß es mir gelungen sei, das Vorkommen der Callusgebilde (die bisher nur bei Gewächsen aus einigen wenigen Pflanzenfamilien bekannt waren) in den Siebröhren von etwa 150 Arten aus 60 der verschiedensten Pflanzenfamilien zu constatiren, daß es mir jedoch nicht geglückt, bei allen untersuchten Pflanzen, namentlich unter den Gefäßkryptogamen, Callusbeläge nachzuweisen. Seitdem habe ich den

<sup>1)</sup> S. Sitzungbericht d. Dorp. Naturforsch. Gesellsch. 19. März 1881.

Gegenstand bis hiezu fast unablässig weiter verfolgt und ist es mir gelungen durch Anwendung von Jodpräparaten (die, wie ich schon damals hervorhob zum Studium der feineren Structur der Siebplatten und ihrer Callusbeläge wie des gesammten Inhalts der Siebröhren in höherem Maasse als Anilinblau oder Anilinfarbstoffe überhaupt geeignet seien) überall bei Gefäßpflanzen, soweit ich deren Siebröhren untersucht, Callusgebilde zu finden.

Zwar sind es nicht viele neue Arten (etwa 60 bis 70) und Familien (etwa 15) die zur Untersuchung kamen, so daß die Gesammtzahl der auf das Vorkommen von Callus untersuchten Arten sich auf etwa 220, die der Familien auf 75 beläuft; doch berechtigt wohl der Umstand, daß überall, wo und wann immer die Untersuchung vorgenommen wurde, sich Callusgebilde nachweisen ließen, zu der Annahme, daß es keine functionirenden Siebröhren ohne Callusbildung giebt; ja ich will gleich hier anticipirend bemerken, daß von allen Merkmalen der Siebröhren der Callus das einzige constante, nie fehlende ist; denn Siebtüpfelung, wie ich in der vorigen Sitzung dargethan zu haben glaube, kommt auch dem Parenchym, namentlich dem Bastparenchym und Strahlenparenchym der secundären Rinde zu, und den Siebröhren von *Spoëtes* scheinen Siebtüpfel gänzlich abzugehen. Mit vielleicht einer Ausnahme, von *Ophioglossum vulgatum*, wurde Callussubstanz nie in anderen Elementen als unzweifelhaften Siebröhren oder deren morphologischen Aequivalenten, wie bei *Spoëtes*, gefunden.

Vor Allem war ich bestrebt den feineren Bau und die Entwicklung des Siebapparates (Siebplatten und Siebfelder mit Callusbelägen und die letztern durchgehenden Verbindungsstränge wie die ihnen anhaftenden Schleimstränge oder Schleimmassen) zu studiren, in erster Linie an Repräsentanten der Dicotylen und Gymnospermen, dann aber auch Monocotylen und Pteridophyten.

Unter den Dicotylen wurde die eingehendste Untersuchung ausgeführt an: *Cucurbita Pepo*, als Repräsentanten der einjährigen, krautigen Gewächse, an *Populus tremula*, *Tilia europaea*, *Sorbus Aucuparia*, *Aesculus Hippocastanum*, ferner *Quercus pedunculata*, *Fraxinus excelsior*, *Acer platanoides*, *Prunus Padus*, *Populus nigra*, als Repräsentanten der Holzgewächse.

Von den Gymnospermen wurden in erster Linie *Pinus silvestris* und *Abies excelsa*, in zweiter Linie *Larix sibirica*, *Abies Pichta* und *Juniperus communis* untersucht.

Die übrigen, weniger eingehend untersuchten Arten werden später namhaft gemacht werden.

Das Material, welches die Holzgewächse lieferten, wurde kräftigen, normal entwickelten Stämmen, von meist 20 bis 60 Jahren, entnommen in der Art, wie ich es früher beschrieben <sup>2)</sup>. Die Präparation durch Schnitte und Maceration geschah meist an Alcoholmaterial; Schnitte wurden ferner von eingetrocknetem wie frischem Material gewonnen. Zum Studium der Siebplatten wie deren Callusbeläge

<sup>2)</sup> Cfr. Sigbr. der Dorp. Mfgschft, 1881. p. 110.

ermiesen sich von eingetrocknetem Material gewonnenen Querschnitte am vortheilhaftesten, weil sie beträchtlich dünner ausfallen als Schnitte von Alcohol- oder gar frischem Material.

Von allen bei der Untersuchung der Siebröhren anzuwendenden Reagentien ist jedenfalls Chlorzinkjodlösung in Verbindung mit reichlichem Natriumjod weitaus das vorzüglichste. Ich habe es zweckdienlich gefunden mehrere Lösungen von verschiedener Concentration, resp. größerem oder geringerem Gehalt an Natriumjod mir herzustellen und diese nach Bedürfniß anzuwenden. Zu der vorschriftmäßig dargestellten concentrirten Chlorzinkjodlösung, die an sich bei den in Rede stehenden Untersuchungen unbrauchbar ist, habe ich bald mehr, bald weniger Jod in Natriumjod und Wasser gelöst zugesetzt, so daß die Mischung eine klare, bald dunkler, bald heller braune, leicht bewegliche Flüssigkeit darstellte. Die dunklere, mehr Jod haltende Mischung übt eine contrahirende oder adstringirende Wirkung auf den Callus aus, und ist noch nach 24 Stunden die charakteristische rothbraune Färbung desselben sehr schön wahrnehmbar.

Die adstringirende Wirkung auf die Callussubstanz tritt sehr deutlich hervor, wenn man vorher die eingetrocknetem oder frischem Material entnommenen Schnitte mit wässriger Anilinblaulösung behandelt. Die Contouren des blau gefärbten Callus erscheinen verschwommen, namentlich bei Coniferen, oft ohne Grenze sich gegen das Lumen der Siebröhre verlierend; nach Zusatz des genannten Mittels dagegen sind die Contouren des nunmehr dunkel rothbraun

tingirten Callus sehr scharf begrenzt, das Volumen desselben ist geringer als vorher. Nachdem das Jod verdunstet, stellt sich mit der blauen Färbung wieder der scheinbar gequollene Zustand des Callus her. Enthält die Chlorzinkjodlösung wenig Jod und Jodkalium, so wird, wie ich bereits früher angegeben, der durch Anilinblau gefärbte Callus rein violett und bei noch geringerem Jodgehalt schön apfelgrün.

In Betreff des Anilinblau sei hier noch erwähnt, daß bei den meisten Präparaten sich die blaue Färbung des Callus nach 11 monatlichem Liegen in Glycerin recht intensiv erhalten hat, bei mehreren aber fast gänzlich geschwunden ist, ohne daß ich den Grund für dieses verschiedene Verhalten anzugeben wüßte. Ferner sei noch bemerkt, daß die wässrige Lösung von Anilinbraun, nachdem sie etwa 2 Monate, 3. Th. am Lichte gestanden, sich so weit verändert, daß der Farbstoff vom Callus nicht mehr eingelagert wird, während die Zellwände sich nach wie vor färben.

Jüngst ist von *Janczewsky* <sup>3)</sup> unter den die Callussubstanz tingirenden Mitteln die von Dr. *Szyszyłowicz* zuerst in Anwendung gebrachte Rosolsäure mit Hinzufügung von wenig Ammoniak oder Kohlenj. Natron, als vorzüglichstes Tinctionsmittel empfohlen worden. Durch die Güte meines Freundes, Prof. G. *Dragendorff*, bin ich in Stand gesetzt worden, das genannte Mittel zu prüfen. Die Reaction gelingt leicht, doch ist die im Callus

---

<sup>3)</sup> Etudes comparées sur les tubes cribreux, avec 7 plchs. Cherbourg, 1881. in den Mem. de la Societé d. sc. nat. de Cherbourg. Vol. XXIII. p. 350.

hervorgerufene schön hyacinthrothe Färbung leider eine sehr vorgängliche und daher das so beständige Anilinblau bei Weitem vorzuziehen.

Von allen bekannten Reagentien leistet aber bei Untersuchung des Callus wie der Siebröhren überhaupt Chlorzinkjod in Verbindung mit Jodkaliumjod bei Weitem die vorzüglichsten Dienste und ich will gleich hier als wichtigstes Ergebnis meiner Callusstudien mit Hilfe der Combination genannter Mittel hervorheben, daß die Substanz des Callus nicht eine homogene ist, sondern sich aus zwei, durch die Tiefe der Färbung verschiedenen Massen zusammengesetzt erweist, worüber Näheres weiterhin beigebracht werden wird.

Die Siebröhren von Hartig im Jahre 1837 entdeckt, haben mit Ausnahme der des Kürbisses, welche letztere durch Hartig<sup>4)</sup>, von Mohl<sup>5)</sup>, Nägeli<sup>6)</sup> und Hanstein<sup>7)</sup> näher erforscht wurden, bis vor wenigen Jahren keine eingehendere Untersuchung erfahren. Einen schätzbaren Beitrag zur Kenntniß der Siebröhren in Bezug auf ihren Gehalt an Stärke brachte Briossi im J. 1873 (in der bot. Zeitg.) In seiner „Vergleichenden Anatomie“ 1877 fügte De Bary dem bisher Bekannten zahlreiche neue Beobachtungen hinzu, namentlich den Inhalt, die Tüpfelung der Quers- und Längswände, und den Callusbeleg betreffend.

<sup>4)</sup> Botan. Zeitg. 1854. p. 51.

<sup>5)</sup> Botan. Zeitg. 1855, p. 873.

<sup>6)</sup> Sitzbr. d. k. Bayr. Akadem. 9. Febr. 1861.

<sup>7)</sup> Die Milchsaftgefäße und die verwandten Organe der Rinde, 1864.



In ein neues Stadium trat unsere Kenntniß der Siebröhren durch die ausgezeichnet sorgfältige und eingehende Arbeit Carl Wilhelm's <sup>8)</sup>, in welcher zuerst die Callusgebilde wie der gesammte Inhalt der Siebröhren und die Entwicklungsgeschichte derselben, zwar nur bei 3 dicotylen Pflanzen, dafür aber um so gründlicher, die eingehendste Berücksichtigung gefunden.

Zwar ist die Entwicklungsgeschichte der Siebröhren zuerst von Jan c z e w s k y untersucht worden, doch die Mittheilung der Resultate dieser Arbeit <sup>9)</sup> so kurz, daß man keine nähere Einsicht gewinnt. In jüngster Zeit hat letztgenannter Forscher seine eingehenden, im Laufe dreier Jahre ausgeführten vergleichenden Studien über Bau und Entwicklung der Siebröhren, an Repräsentanten der 4 Hauptgruppen der Leitbündelpflanzen, zusammenfassend publicirt <sup>10)</sup>, nachdem er vorher in 3 getrennten Abhandlungen die Resultate seiner Arbeit (in polnischer Sprache) hatte erscheinen lassen <sup>11)</sup>.

Obgleich nun meine Beobachtungen zum großen Theil an denselben Pflanzen ausgeführt worden, die Jan c z e w s k y zur Untersuchung gedient, und ich

<sup>8)</sup> Beiträge zur Kenntniß des Siebröhrenapparates Dicotyler Pflanzen. 1880.

<sup>9)</sup> Comptes rendus, 1878, 22 juillet.

<sup>10)</sup> Vergl. Note 3 auf pag. 161

<sup>11)</sup> Kurki sitkowe, in den Sitzber. d. k. Acad. d. Wiss. zu Krakau, Math. naturw. Sect. Bd. VII 1880. mit 1 Tfl. Bd. VIII 1880 m. 2 Tfln. und Bd. IX 1881 mit 5 Tfln. Vergl. auch Botan. Centralbl. Bd. II. 1880 p. 485, Bd. VII 1881 p. 296 ff. und Bd. IX pag. 15 ff.

auch größtentheils zu denselben Resultaten gelangt, die mein Vorgänger erzielt, so glaube ich doch nicht, daß eine Veröffentlichung der Resultate meiner Forschung überflüssig geworden ist, da ich zum Theil zu weit abweichenden Resultaten gelangt bin, und manches Neue, von meinen Vorgängern Uebersehene oder nicht ins Auge gefaßte beobachtet. Somit erlaube ich mir in Folgendem als vorläufigen Bericht, die Resultate meiner Arbeit in Kürze mitzutheilen, wobei ich Gelegenheit finden werde, näher auf das von meinen Vorgängern auf dem beregten Gebiete Erarbeitete einzugehen.

Ich beginne mit den

### Gymnospermen

und unter diesen mit dem von Sanczewsky wie mir am sorgfältigsten untersuchten Object: Kiefer, *Pinus silvestris* L.

Der Bau der secundären Rinde ist hier sehr regelmäßig. Die Hauptmasse wird von parallellepipedischen Siebröhren gebildet, deren Enden in der Richtung des Stammradius meißelartig zugespitzt sind. Während die ebenso zugespitzten Enden der Tracheiden in der Richtung des Radius fast stets gekrümmt sind, so daß (am Radialschnitt gesehen) die Endstücke mitunter fast rechtwinklig, meist stumpfwinklig zu der Längsaxe des Tracheide verlaufen, ist an den Siebröhren niemals auch nur eine schwache Biegung zur Seite wahrzunehmen. Die regelmäßig in radialen Reihen angeordneten Siebröhren werden durch tangentielle 1—3, meist 2 reihige Binden Bastparenchym's unterbrochen, das zum großen Theil sich

zu krystallführenden Fasern ausgebildet. Letztere sind, abgesehen von ihrem Inhalt, durch ihr comprimirtes Lumen vor den übrigen, im Sommer und Herbst sehr reichlich Stärke führenden, im Querschnitt mehr oder weniger rundlich erscheinenden Nachbarn ausgezeichnet. Zuweilen findet man einige Bastparenchymzellen in der compacten Siebröhrenmasse, zwischen je 2 tangentialen Binden, versprengt, zumeist der Innengrenze der Bastparenchymzone genähert, selten weiter cambiumwärts. Bei *Abies* kommt letzteres häufiger vor, und bei *Larix* treten zahlreiche Bastparenchymzellen versprengt auf, so daß Parenchymzonen, namentlich in den älteren Theilen der Rinde sich undeutlich von einander abgrenzen.

Endlich wird die Rinde, ebenso wie das Holz, von Strahlenparenchym (Baststrahlen) radienartig durchsetzt, das mit seltenen Ausnahmen aus einfacher Zellenlage gebildete Platten darstellt. Wie im Holz sind auch hier die den Strahl nach oben und unten begrenzenden Zellen von den mittleren abweichend gebildet.

In den älteren, äußeren Rindenlagen sind die abgestorbenen Siebröhrenlagen mehr oder weniger, oft stark collabirt, während die Bastparenchymzellen einen fast kreisrunden Querschnitt aufweisen und an Durchmesser bedeutend zugenommen haben. Die Baststrahlen verlaufen in Folge der Compression und Verschiebung der Siebröhrenschichten zickzackförmig, oder wellenförmig geschlängelt. Eine Erscheinung, die mehr oder weniger in gleicher Weise in den älteren Rinden fast sämtlicher Holzgewächse zu beobachten ist.

In jeder Vegetationsperiode wird eine Tangentialbinde Bastparenchyms gebildet, woher man, namentlich bei Pinus und Abies sehr scharf, weniger sicher bei Larix, namentlich nach Außen, die Jahreszuwächse der Rinde bestimmen kann; und somit läßt sich constatiren, daß bei Pinus unter der innersten Peridermlage der Borke 10 bis 15, selten mehr Jahresringe der Rinde in lebensthätigem Zustande verharren, daß aber das Leben, mit Ausnahme der beiden jüngsten Jahreszuwächse nur in dem Bast- und Strahlenparenchym sich abspielt, da die Siebröhren der übrigen 8—13 Jahreslagen inhaltlos sind.

Es muß noch bemerkt werden, daß die Jahresgrenze nicht mit der Parenchymbinde zusammenfällt, da diese weder am Schluß, noch zu Beginn der Vegetationsperiode gebildet wird, sondern etwa im ersten Drittel oder zu Beginn des zweiten Drittels derselben etwa um die Mitte des Juni Monats. Den Parenchymzellen voraus bilden sich zu Anfang des Jahres gewöhnlich 4 bis 5 (radiale) Reihen Siebröhren. *Tanczewsky* sagt <sup>12)</sup>, es scheine ihm die Bildung der Parenchymbinde am Schluß des Jahres stattzufinden. Hie und da mag vielleicht eine Parenchymzelle am Schluß der Vegetationsperiode gebildet werden, doch sicher entsteht die Zone zu der von mir angegebenen Zeit.

Gehen wir nun auf die nähere Betrachtung der Siebröhren ein.

---

<sup>12)</sup> a. a. D. p. 262.

Die Membran der functionirenden Siebröhren ist verhältnißmäßig dick, wasserreich, nie verholzt; die zweien Siebröhren gemeinsame Wand ist in mindestens 3, meist 5, nicht selten 7, ja mitunter sogar 9 Schichten differenzirt, von denen am schärfsten die Mittellamelle und die innersten Schichten hervortreten. Der Querschnitt einer Siebröhre ist entweder quadratisch, oder es überwiegt der tangentiale Durchmesser den radialen bis fast um das Doppelte. Nicht selten findet man mitten im Jahreszuwachs in einer Radialreihe von Siebröhren zwischen solchen mit quadratischen solche mit radial verkürztem Lumen und desgleichen am Schluß des Jahreszuwachses, der Cambiumregion angrenzend, solche, deren radialer Durchmesser größer als der der nächstvorhergehenden ist. Im Ganzen findet von Außen nach Innen eine Abnahme des radialen Durchmessers statt, doch ist die Grenze zwischen den letztgebildeten Herbst- und erstgebildeten Frühlings-siebröhren des nächstfolgenden Jahresringes durchaus nicht scharf ausgeprägt und nur durch die regelmäßige Stellung der Parenchymzonen zu erkennen. Die tangentialen Wände sind wie die gleichnamigen der Tracheiden, vollkommen glatt, während die radialen Wände mit rundlich umgrenzten Siebtüpfeln versehen sind, die in Bezug auf Größe ziemlich beträchtlich hinter den Hoftüpfeln der Tracheiden zurückstehen, hinsichtlich der Stellung aber letzteren entsprechen, insofern an den geneigten Endflächen die Stellung der Tüpfel eine viel dichtere als an den senkrechten Flächen ist, was auch von *S a n c z e w s k y* hervor gehoben wird.

Die ziemlich dicke Wand der Siebröhren, aus der Rinde älterer Stämme, fällt gegen die Tüpfel nicht steil ab, während in der Rinde ein- bis mehrjähriger Aeste die relativ sehr dicke Siebröhrenwand senkrecht zur Tüpfelfläche sich senkt. Ich hebe das besonders hervor, weil hieraus hervorgeht, daß das von Sancewsky benutzte Material nur Astringe entstammen kann, der Beschreibung und bildlichen Darstellung zufolge. In der Rinde von Aesten aber sind sämtliche Elemente in allen ihren Theilen um ein Beträchtliches kleiner als in der Stammrinde, und daher erstere zur Untersuchung eines so schwierigen Object's, wie die Siebtüpfel der Gymnospermen in viel geringerem Grade geeignet als die Stammrinde. Diesem Umstande glaube ich es in erster Linie zuschreiben zu müssen, daß Sancewsky den feinen und complicirten Bau der Siebtüpfel und Callusgebilde von Pinus, wie der Abietineen überhaupt nicht erkannt hat.

Die Siebplatte ist, wie bereits von De Bary <sup>13)</sup> vollkommen zutreffend geschildert worden, durch bald breitere, bald schmälere, relativ hohe leistenartige Vorsprünge in kleinere, ungleich große und unregelmäßig geformte Felderchen abgetheilt, welche letzte von durch 3—6 sehr feine, ziemlich ungleich weite, meist in einem Kreise stehende Löcherchen perforirt sind. Zwar ist diese Felderung der Siebplatten bei den Abietineen nicht so stark hervortretend wie bei den Araucarieen, Sequoieen und übrigen Gymnospermen, doch immer-

<sup>13)</sup> a. a. D. p. 188.

hin, namentlich bei *Pinus*, sehr entschieden ausgesprochen, und auch an den Siebröhrentüpfeln aus Astringen meist deutlich wahrnehmbar. Es ist daher die von *Janczewsky* getroffene Unterscheidung der Siebtüpfel der Abietineen von denen der übrigen Coniferen wie Gnetaceen auf Grund des Mangels einer Felderung ersterer <sup>14)</sup> durchaus unbegründet.

Die feinen Löcherchen der Siebfelder hat *Janczewsky* offenbar garnicht gesehen, denn in seiner Darstellung sind nur die Umrisse der Siebfelder gezeichnet, die er für die Umrisse der Siebporen gehalten <sup>15)</sup>. Man vergleiche bei *De Bary* a. a. D. Fig. 77 auf pag. 188, wo die Poren der Siebfelder, (wie in der Figurenerklärung hervorgehoben) durch Punkte angedeutet sind; statt der Punkte setze man kleine, irreguläre bis an den Rand des Feldes reichende Maschen, so hat man ein Bild von dem Abietineen-Siebtüpfel. Nach *Janczewsky* hätten die Siebplatten von *Pin. silv.* nur 8—12 Poren aufzuweisen, während deren wirkliche Zahl sich mindestens auf das 3—4fache hiervon beläuft.

Zur Zeit der Functionsdauer, und bei einigen Siebröhren darüber hinaus, sind die Siebporen oder vielmehr Siebkanäle von Callusmasse erfüllt, die anfangs gering, im Laufe der Zeit beträchtlich zunimmt. Um einen klaren Einblick in diese Verhältnisse zu gewinnen, sehen wir uns einen mit Chlor-

<sup>14)</sup> Cfr. Bot. Centralbl. 1880. p. 385.

<sup>15)</sup> Dasselbe ist *Dippel* passiert bei Darstellung der Siebplatten von *Larix europæa* in *Mikroskop*. II. p. 135, Fig. 56 I.

zinkjodjodkaliumjod <sup>16)</sup> behandelten Querschnitt an, der sich über Cambium, Jungbast und einige Jahreszuwächse der Rinde erstreckt.

Die radialen Wände der jüngsten völlig ausgebildeten Siebröhren erscheinen querdurchseht von rothbraunen, an ihren ins Lumen der benachbarten Siebröhren reichenden Enden, geknöpften Stäben, die in der Mitte, dort wo die Mittellamelle verläuft, von kleinen, rundlichen oder linsenförmigen, meist gelblich tingirten Knötchen unterbrochen erscheinen, oder mit anderen Worten: die Wandmacht in der Ausdehnung der Siebplatte zunächst den Eindruck als wären in dieselbe von beiden Seiten, an correspondirenden Stellen, geknöpfte Pflöcke oder mit einem rundlichen Kopf versehene Pfropfen von schlank kegelförmiger Gestalt eingetrieben, deren Enden bis an die Knötchen reichen. Die Ränder der Calluspfpfen erscheinen dunkel gesäumt oder wie von dunkel braunen Streifen eingefasst. Diese dunkelbraunen Streifen halte ich für identisch mit den dunkelbraunen, die Calluspolster der Angiospermen durchsetzenden Streifen oder Stifte, von denen weiterhin näher die Rede sein wird als Callusstiften.

Die geknöpften Stäbe (die durch die Knötchen vereinigten Pfpfenpaare) sind selten in gleichen Abständen von einander über den Querschnitt der Siebplatte vertheilt, sondern in der Regel paarweise einander genähert, nicht selten auch zu dreien neben

---

<sup>16)</sup> In der Folge soll dieses Präparat der Kürze wegen durch Chljd. ausgedrückt werden.



einander liegend. Die zwischen den, aus je 2 und je 3 Stäbchen bestehenden, Gruppen befindlichen Partien der Cellulosewand sind deutlich violett-blau tingirt, auch ist an sehr feinen Schnitten zwischen den je 2 oder 3 Stäbchen hell violette Färbung der Cellulosemembran wahrzunehmen. Die Knötchen, deren Durchmesser dem Querschnitt der Stäbe gleichkommt, sind nicht immer mit gleicher Deutlichkeit sichtbar und erscheinen bald deutlich gelblich bis bräunlich tingirt, bald bläulich-violett wie die Cellulosemembran. Läßt man sehr verdünnte Kalilösung (am besten Kali-Alcohol unter nachherigem Zusatz von Wasser) einwirken vor dem Zusatz von Chlzd., so erscheint die Celluloseplatte beträchtlich gequollen, die Callussubstanz nicht alterirt, die Knötchen sind entweder noch sichtbar als geschrumpfte Körnchen oder geschwunden, und die Hälften der Callusstäbe (die correspondirenden Calluspfropfen) sind weit auseinander gerückt. In seltensten Fällen konnte zwischen den correspondirenden Hälften eines Callusstabes, durch die stark gequollene Membran hindurch, eine Verbindung durch einen hellen, zarten Faden wahrgenommen werden. Die Knötchen sind auch noch an alten, mit dicken Callusballen bedeckten, Siebplatten deutlich sichtbar, während es mir an von Callus völlig entblößten Siebplatten nicht gelungen ist Knötchen oder eine ihnen entsprechende Erscheinung wahrzunehmen. Es fragt sich nun, was stellen diese Knötchen dar? Sind sie nichts Anderes als die zwischen den correspondirenden Tüpfelkanälen befindlichen nicht aufgelösten Celluloselamellen? Mit-

hin wären die Siebkanäle geschlossen, wenigstens während der Funktionsdauer der Siebröhren? Ich gestehe zur Zeit keine genügende Erklärung dieser Knötchen geben zu können. In Berücksichtigung des Umstandes, daß die alten, von Callus entblößten Siebplatten entschieden perforirt sind und im Hinblick auf die Siebplatten der Dicotylen, wo bei einer großen Zahl von Gewächsen mit Sicherheit eine Perforation selbst der feinen Tüpfel der Siebfelder nachzuweisen ist, erscheint ein Geschlossensein für wenig wahrscheinlich.

Janczewsky, der auch diese Knötchen gesehen und abgebildet, erklärt sie für Cellulosereste <sup>17)</sup>, der zwischen den correspondirenden Tüpfelkanälen befindlichen Mittellamelle. Aus der Darstellung, die der genannte Autor von den Callusstäben giebt, folgt allerdings diese Erklärung als die einfachste und plausibelste, doch, wie wir bereits gesehen, hat er die Siebporen gar nicht gesehen sondern die Siebfelder für einfache (und zwar relativ sehr weite) Poren gehalten und demnach auch den ganzen Complex von Callusstäben eines Siebfeldes für einen einfachen, relativ sehr dicken Callusstab genommen. Das geht deutlich aus den Dimensionen der abgebildeten Calluswalzen und deren Zahl hervor. Den Abbildungen Janczewsky's zufolge mißt der Durchmesser der Callusstäbe 1,5 bis reichlich 2 Mikron, während er thatsächlich 0,3 bis höchstens 1,0 Mikron gleichkommt, meist 0,5—0,8 Mikron beträgt. Die Zahl der Stäbe

<sup>17)</sup> a. a. D. p. 270 u. 271. vergl. auch Taf. VI. Fig. 5.

einer Siebplatte im Durchschnitt beträgt nach Fanczewsky 3--5, während ich 7 bis 20 gefunden habe, wenn der Schnitt durch die Mitte des Tüpfels gegangen war.

Eine nähere Auseinandersetzung mit der Darstellung Fanczewsky's, wie eine eingehendere Schilderung dieser äußerst complicirt gebauten Gebilde muß ich mir für einen anderen Ort aufsparen, wo ich meine Worte durch bildliche Darstellung unterstützen kann.

Je weiter nach außen (vom Cambium entfernt) die Siebröhren liegen, um so größer werden die Köpfe der Callusstäbe, bis erstere sich berühren und zu einer Masse verschmelzen, die, sich vergrößernd, schließlich in Form einer Halbkugel oder eines runden Ballens die Siebplatte bedeckt. Meist erscheinen diese Callusballen von dunkleren, verwaschen contourirten Streifen durchzogen, die von den Siebporen ausstrahlen. Diese Streifen halte ich für die Fortsetzung der Stiftsubstanz innerhalb der Siebkanäle und möchte sie als Stiftmassen bezeichnen. Die alten Calluspolster, welche sich der Auflösung nähern oder bereits im Zerfall begriffen sind, lassen unter Ghlyd. deutlich dunklere, unregelmäßig vertheilte Flecke in einer helleren Grundsubstanz statt der streifigen Structur erkennen. Ganz dieselben Erscheinungen nimmt man auch an den älteren dicken Polstern der Siebplatten bei Dicotylen wahr, und sind die dunkleren Stiftmassen an älteren Callusbelägen der Siebfelder und Siebplatten bei Dicotylen und Monocotylen als regelmäßige Erscheinung zu beobachten.

Dieselben Ansichten, welche der Querschnitt von den callösen Tüpfeln gewährt, erhält man natürlich auch an tangentialen Schnitten, und belehren letztere den Beobachter über die Ausdehnung der Calluspolster im Verlaufe der Längswand einer Siebröhre. Am größten findet man die Polster an den Tüpfeln der Endwand, doch hier nur nach einer Seite ausgebildet, während an den Längswänden nicht selten zu beiden Seiten die Siebplatten von dicken runden Ballen bedeckt sind. Nicht selten fließen hier die Polster dreier oder mehr benachbarter Tüpfel zu einer Masse zusammen, doch meist nur innerhalb einer Siebröhre. Das Zusammenfließen der Calluspolster sämtlicher Tüpfel einer geneigten Endwand zu einer Masse ist eine häufige Erscheinung.

Zuweilen, aber im Ganzen doch selten, bilden sich in der Wand der Siebröhre dort, wo diese an eine Baststrahlzelle grenzt, Siebtüpfel aus, doch sind diese nicht perforirt, und nur von der Siebröhrenseite dringen Callusstäbe bis zur Mitte der gemeinsamen Membran vor, in der keine Knötchen wahrzunehmen sind.

Betrachten wir uns die Callusgebilde noch vom radialen Schnitt, in der Aufsicht. An den jüngeren Siebröhren erblickt man die Felder der Siebplatten von braunen Polstrichen bedeckt, welche die optischen Durchschnitte der Callusstäbe als dunkelbraune Flecke in der helleren Grundmasse deutlich erkennen lassen; sind die Polster der Felder dünn, so sind die Stäbchenquerchnitte außerordentlich deutlich zu sehen. Auch an Siebröhrentüpfeln aus der Rinde eines 8-jährigen Astes von Pinus habe ich jüngst (Mitte

Februar) diese Erscheinung in ausgezeichneteter Schönheit gesehen, bei etwa 700facher Vergrößerung. Die Darstellung der von Calluspolstern bedeckten Siebplatten in der Aufsicht ist bei *Fanczewsky*<sup>18)</sup> entsprechend der Darstellung der Durchsichtsansicht; die die Siebfelder bedeckenden Polster erscheinen als homogene Masse, die optischen Durchschnitte der einzelnen Callusstäbe sind nicht sichtbar.

Der Inhalt der functionirenden Siebröhren besteht wie bei den Angiospermen aus einem protoplasmatischen Wandbeleg (Hüllschlauch), Schleim und wässeriger Flüssigkeit, in der bald mehr bald weniger zahlreiche Stärkekörner und eine durch Jodkalium oder Chlzd. sich ziegelroth bis bräunlich violett tingirende, fleckig oder wolkig erscheinende Substanz suspendirt ist.

Der Protoplasmawandbeleg entspricht hier genau dem in den Siebröhren der Angiospermen allgemein verbreiteten „Hüllschlauch“ oder „Innenschlauch“. Er ist hier wie dort nichts anderes als der bekannte Primordialschlauch, nur daß er nach Anwendung von Alcohol und Jodpräparaten durchsichtiger und körnchenärmer erscheint als der Primordialschlauch der Cambium- oder Jungholzzellen. Wie bei Angiospermen zieht sich der Hüllschlauch auch hier (an Alcoholmaterial) von den Siebplatten weniger als von der übrigen Wand zurück.

Der Schleim ist nur über den Tüpfeln in dünner Schicht, als klare Masse angehäuft, die sich durch Chlzd. ziemlich tief gelbbraun färbt.

<sup>18)</sup> a. a. D. Taf. VI. Fig. 6.

Es finden sich nun ferner noch kugelige, helle, farblose Körper, die sich nach Einwirkung von Jodpräparaten bloß röthlich-violett bis tief schmutzig-violett färben, die, meiner Ansicht nach, nichts Anderes als Stärkekörner sein können.

Die Stärkekörner der Siebröhren der Angiospermen sind bekanntlich dadurch ausgezeichnet, daß sie durch Jodpräparate eine mehr oder weniger violette oder röthlich violette Färbung annehmen. Nach meiner Erfahrung färben sie sich stets um ein Erhebliches heller als gleich große Stärkekörner des angrenzenden Parenchyms; während letztere durch Chlzd. fast schwarz werden, erscheinen die der Siebröhren hell violett oder röthlich violett, namentlich je kleiner sie sind um so mehr röthlich bis ziegelroth <sup>19)</sup>. Bekanntlich nehmen Stärkekörner, welche der Einwirkung von Fermenten unterworfen wurden, und wenn die Extraction nur unvollständig statt hatte, bei Jodzusatze einen röthlich violetten oder bräunlichen Ton an. Diese Färbung sieht man auch an Stärkekörnern derjenigen Gewebe auftreten, welche periodisch Stärke führen, zur Zeit des Ueberganges der Stärke in andere Substanzen. Es liegt daher nahe anzunehmen, daß in den Siebröhren die Anwesenheit eines Fermentes die Färbung der Stärkekörner durch Jod beeinflusst. Wie dem auch sei, die Stärkekörner der Siebröhren erscheinen im Vergleich mit denen des Parenchyms substanzarm, im Innern sehr wasserreich. Das gilt besonders von den Kör-

<sup>19)</sup> Cfr. Mohl, Bot. Zeitsch. 1855. S. 889.

nern in den Coniferen-Siebröhren; diese machen den Eindruck von Hohlkugeln. Meist findet man die größeren Körner nach Zusatz von Chlzd. geplatzt, so daß entweder violett gefärbte unregelmäßige Fetzen in der Flüssigkeit umherschweben, oder man erblickt halbmondförmige oder sichelförmig gekrümmte violette Körper, nicht selten zwei solcher mit ihren Conexitäten gegen einander gekehrt, in der Gestalt eines  $\alpha$ . Ich vermuthete, daß die vorhin erwähnte ziegelrothe, flockige Masse nichts Anderes als der dünne, aus den geplatzen Körnern hervorgetretene Inhalt ist.

Vorherrschend findet man den letztbesprochenen Inhalt in dem zugespitzten Endtheil der Siebröhren angehäuft. Von Sancewsky geschieht dieses Inhaltes keine Erwähnung.

Wenden wir uns jetzt zur Entwicklungsgeschichte der Siebröhren.

Sehen wir uns sowohl einen Querschnitt als radialen Längsschnitt an, der sich über Holz, Cambium und Rinde erstreckt, so fällt uns auf, daß nach der Holzseite hin, vom Cambium bis zu den ausgebildeten Tracheiden, ein ganz allmäliger Uebergang in Bezug auf Größe des Lumens und Wanddicke der Zellen statt hat, während nach der Rindenseite hin, etwa 3—4 Zellreihen von der Cambiumregion entfernt eine (tangentielle) Reihe von Zellen durch viel größeres Lumen und stark verdickte Wände der Zellen sich scharf von den dünnwandigen englichtigeren Jungbastzellen abhebt. Mit anderen Worten: während wir die Zuwachszone nach der Holzseite hin

ganz allmählig in das ausgebildete Holz übergehen sehen, tritt uns nach der Rindenseite hin unvermittelt die Grenze zwischen Zuwachszone und ausgebildeter Rinde entgegen. Ich will gleich hier bemerken, daß dieselbe Erscheinung auch sämmtlichen dicotylen Holzgewächsen mit Cambiumring zukommt, nur daß sie hier weniger auffallend als bei den Abietineen ist, weil deren Siebröhren besonders dicke Wände besitzen, doch immerhin so augenfällig ist, daß in den ersten Wochen meiner entwicklungs geschichtlichen Untersuchungen bei mir die Ansicht Platz griff, es finde zu Beginn der Vegetationsperiode nur eine Vermehrung der Holzzellen statt. Als aber Woche nach Woche verstrich und das Bild nach der Rindenseite sich nicht änderte, wurde mir der Grund dieser Erscheinung klar: es findet nämlich eine ruckweise, sehr rasche Ausbildung der Jungbastzellen zu Dauerelementen der Rinde statt, indem sowohl die Streckung (Ausdehnung) der Zellen, als die Verdickung ihrer Wände sehr rasch vor sich geht.

Während bekanntlich zur Zeit der Vegetationsruhe der Cambiumring gegen das Holz sehr scharf abgegrenzt ist, verliert es sich fast unmerklich gegen die Rinde hin, weil die Wände der im Herbst gebildeten Cambium- und Jungbastzellen dickere Wände (namentlich radiale) besitzen als während der übrigen Vegetationszeit. Im Sommer ist es umgekehrt; die Grenze zur Rinde hin ist scharf, gegen das Holz verwischt. Sehr klar tritt diese Eigenthümlichkeit an der Abbildung, Fig. 196 in De Bary's vergl. Anatomie auf. p. 477 dem Beschauer entgegen.



und zwar hier noch etwas schärfer als in natura, weil die Wände der Cambium- und Jungbastzellen durch einfache Contouren dargestellt sind.

Wie die Volumenzunahme und Ausbildung der Zellwände findet auch die Entwicklung der Siebplatten und Callusbeläge sehr rasch statt, wodurch das Studium der Entwicklungsgeschichte der Siebröhren sehr erschwert wird. Doch gewinnt man einen Vortheil durch die scharfe Grenze zwischen Cambium und Rinde: einen sicheren Ausgangspunct in den radialen Zellreihen rindewärts wie markwärts. Der Kürze halber will ich die ersten dickwandigen Siebröhren mit definitivem Lumen als Grenzzellen bezeichnen.

Betrachten wir zunächst einen radialen Längsschnitt von *Pinus silv.* unter Einwirkung von Chl<sub>2</sub>idf. Die horizontal durch die Cambiumregion verlaufenden Primordial-Tüpfelreihen setzen sich, rechts und links, ins Holz und in die Rinde fort. Nach der Rindenseite nehmen die Primordialtüpfel rascher an Größe zu als nach der Holzseite. An Stellen, wo die Wand von dem dicht anhaftenden Protoplasma-wandbeleg entblößt ist, bemerkt man an den 2—3 den Grenzzellen zunächst gelegenen Zellen die farblosen Primordialtüpfel sehr fein und spärlich punktiert. An Querschnitten wie tangentialen Schnitten sind diese feinen Tüpfelchen (die Anlagen der Siebfelder) des Primordialtüpfels sehr schwer wahrzunehmen, weil die Tüpfelplatte sehr zart und dünn ist und derselben meist Plasma dicht anheftet, daher ist man vor Täuschung nicht gesichert. In der Auf-

sicht, am Radialschnitt, sind die Tüpfelchen als dunklere oder hellere Punkte, je nach der Einstellung, zweifellos zu erkennen. An der dickwandigen Grenz- zelle erscheinen die Siebplatten, im Durchschnitt ge- sehen, um das 3—4fache dicker als zuvor, hell schwefelgelb gefärbt, fein quergestreift und am Rande sehr zart gekerbt, während die übrige Mem- bran violett bis blau tingirt ist. Die, die zweien Siebröhren gemeinsame Wand, durchziehende Mittel- lamelle ist in der Ausdehnung der Siebplatte nicht wahrnehmbar. Die feinen Querstriche, welche nach außen in die zarten Kerben münden, sind offenbar sehr feine Tüpfelkanäle, die wie verquollen oder mit einer Substanz erfüllt erscheinen, welche mit der Membran fast gleiches Lichtbrechungsvermögen besitzt. Die schwefelgelbe Färbung ist sehr deutlich ausgeprägt und charakteristisch für dieses Stadium. In der Aufsicht (am radialen Schnitt) erscheint die rundlich um- grenzte Siebplatte hell gelblich mit hell gelben Körnchen besetzt, die in Zahl und Gruppierung den Siebporen des ausgebildeten Tüpfels entsprechen. Mehrfach ist es mir gelungen, namentlich an den auf die Grenzzelle nächstfolgenden Siebröhren, eine sehr scharf und deutlich ausgesprochene Gruppierung der Körnchen oder Flecke auf der Siebplatte wahrzuneh- men derart, daß 4 bis 6 Körnchen im Kreise gestellt, gleichsam einen kleinen Perlenkranz darstellen, und diese Kränze in Zahl, Größe und Stellung den Sieb- feldern des ausgebildeten Tüpfels entsprechend.

Gewöhnlich erst in der zweiten Siebröhre, von der Grenzzelle nach außen, selten in der nächstfol-

genden, wird das erste Auftreten von Callus wahrnehmbar und zwar derart, daß (am Querschnitt gesehen) zunächst die feinen Kerben von rothbrauner Masse ausgefüllt erscheinen, die sich darauf in äußerst feinen Streifen, häufig Doppel-Streifen, bis gegen die Mitte der Membran hinzieht. In der nächst älteren Siebröhre sieht man, daß die braunen Streifenpaare dicker geworden und das darstellen, was wir oben als Callusstäbe resp. Stäbchenpaare bezeichnet; die in den Kerben erweiterten Enden der Stäbe bilden deren Köpfe. Nunmehr oder auch vor dem Sichtbarwerden des Callus, werden die Knötchen in der Mitte der Tüpfelmembran sichtbar, statt der schwefelgelben Färbung der Membran erblickt man zwischen den Callusstäben violette oder blaue Tinction, nur heller als an der übrigen Membran.

Es sei nun noch hervorgehoben, daß man die geschilderten successiven Stadien keineswegs an den auf einander folgenden Siebröhren einer Radialreihe wahrnimmt, sondern meist dicht neben Stadien frühesten Callusbildung, solche mit weit vorgeschrittener Bildung von Callusstäben mit ansehnlichen Köpfen und scharf markirten Knötchen findet, welcher Umstand eben für die sehr rasche Ausbildung der Siebröhre spricht.

In Bezug auf die Veränderungen des Inhalts sei folgendes bemerkt.

An einem Tangentialschnitt (von Alcoholmaterial) erkennt man im Stadium, wo die erste Callusabscheidung sichtbar wird, den großen, oval umgrenzten, scheibenförmigen Zell-Kern noch deutlich, 2—8

Kernkörperchen bergend, den Plasmaschlauch von der Wand zurückgezogen, stark wellenförmig gebuchtet, entsprechend den Unebenheiten der Wand. Die den Tüpfeln entsprechenden Ausbuchtungen des Schlauches waren erfüllt mit zahlreichen, kuglichen Schleimballen, welche wie die Kernkörperchen durch Ehlzjdk. tief rothbraun, ebenso wie der Callus tingirt wurden. Stärkekörner waren noch nicht sichtbar.

In den jungen Siebröhren, vor der Verdickung ihrer Wände, sind wie in den Cambiumzellen gewöhnlich 2 bis 3 große, ovale Zellkerne sichtbar, die ungefähr in der Mitte der Zelle in verticaler Richtung über einander gelegen sind. Solch ein Stadium hat bereits Schacht <sup>20)</sup> abgebildet. In den Jungholzzellen findet sich schließlich auch nur ein Kern und dieser bleibt erhalten bis die Hofwand ihre definitive Größe erreicht. In den älteren Siebröhren, wo die Callusstäbe und deren Köpfe schon deutlich ausgebildet sind, ist der Kern geschwunden und statt der Schleimkugeln ist eine homogene Schleimschicht über den Callusbelägen ausgebreitet. Mit dem Alter der Siebröhren nehmen, wie wir vorhin gesehen haben, die Callusgebilde an Ausdehnung zu, um dann mit dem Schwinden des Inhaltes, was nach zwei Jahren geschieht, meist rasch abzunehmen, was durch theilweisen Zerfall, oder wie durch Corrosion zu Stande kommt. In mehreren Siebröhren bleiben jedoch erhebliche Callusmassen mehr oder weniger verändert zurück, und erhalten sich hier mehrere Jahre,

<sup>20)</sup> Lehrbuch der Anatomie und Physiologie. Th. II, Taf. V, Fig. 7.

in einigen Fällen bis zu 10 Jahren. Mit dem Verlust des Inhalts ist eine beträchtliche Dickenabnahme der Wände der Siebröhren verbunden, offenbar in Folge von Wasserverlust.

Eine nähere Betrachtung der Membran der Siebröhren in Bezug auf Bau und Entwicklung würde hier zu weit führen, es sei nur kurz bemerkt, daß die Bildung der s. g. secundären Verdickungsschicht und ebenso der tertiären hier wie bei den Tracheiden durch innere Differenzirung und nicht durch Apposition zu Stande kommt.

Betreffs der Tüpfelung der radialen Wände des Bastparenchyms wie der Wände der Baststrahlzellen verweise ich auf das in der vorigen Sitzung Mitgetheilte. In Bezug auf die krystallführenden Glieder einer Bastparenchymzelle sei bemerkt, daß letztere die stärkführenden Glieder meist an Länge um das 4—8fache übertreffen, und abgesehen vom Inhalt und dem geringeren Lumen, namentlich in radialer Richtung, durch die Auskleidung ihrer Cellulosewand mit einer durch Chlzd. sich tief gelb-braun färbenden, scharf contouirten Schicht ausgezeichnet sind, welchen letztere später die ausgebildeten Krystalle eng umschließt.

Mit *P. silvestris* stimmen hinsichtlich der Siebröhren *Abies* (*excelsa* und *Picea*) und *Larix* (*sibirica* und *europaea*) in jeder Beziehung überein. Bei *Larix sibirica* fand sich einmal auch an der tangentialen Wand einer Siebröhre ein Siebtüpfel mit dickem Calluspolster.

Bei den übrigen Coniferen (*Juniperus communis*

und horizontalis, Cupressus fastigiata, Thuja occidentalis, Bista orientalis, Taxodium sempervirens, Araucaria excelsa, Sequoia gigantea, Podocarpus latifolia, Salisburgia<sup>4</sup> adiantifolia, Taxus baccata) und Gnetaceen (Ephedra monostachya und altissima) wie auch Cycadeen (Cycas revoluta, Ceratozamia mexicana) gleichen die Siebröhren denen der Abietineen, abgesehen von den dünneren Wänden sowohl in Bezug auf die Siebtüpfel und deren Callusbeläge als auch in Betreff des Inhaltes. Nur bei Ephedra monostachya (die untersuchten Zweige stammen aus Turkestan) wurde Schleim in sehr reichlicher Menge, in Form eines Stranges in den Siebröhren angetroffen. Wie schon früher hervorgehoben, ist mit Ausnahme der Cycadeen die Felderung der Siebplatten prononcirt als bei den Abietineen. Die Cycadeen sind vor den übrigen Gymnospermen ausgezeichnet dadurch, daß auch die tangentialen Wände Siebtüpfel führen. Bei Cycas (in einem alten Stamm) ist die Felderung an den mit Callus belegten Siebplatten sehr deutlich, an den Callusfreien Platten wenig auffällig, dagegen bei Ceratozamia (Spindel des Zapfens) sehr deutlich ausgeprägt, und wurden auch hier an Querschnitten die kleinen Knötchen in der Membran deutlich wahrgenommen; größer sind die Knötchen bei Ephedra und allen oben genannten Coniferen, indeß auch hier nur an sehr dünnen Schnitten deutlich sichtbar. Da die Knötchen in Folge des eigenthümlichen Baues der Siebplatten, resp. der Siebfelder am Durchschnitt der Siebplatten sichtbar werden, könnten wir in der

Felderung der Siebplatten eine charakteristische Eigenthümlichkeit sämmtlicher Gymnospermen erblicken. Indessen ist es mir in jüngster Zeit gelungen auch bei den <sup>Formen</sup> *Fern*, und zwar *Alsophila australis* an den mit *Callus* belegten Siebtüpfeln sehr deutlich eine Felderung ganz wie bei den Coniferen wahrzunehmen, und habe ich eine gleiche Erscheinung auch bei Monocotylen, in der Wurzel einer Palme (wahrscheinlich einer *Copernicia*) wahrgenommen.

Gehen wir jetzt zur Betrachtung der Angiospermen über und zwar zunächst der

### Dicotylen.

Die Siebröhren dicotyler Gewächse sind in Bezug auf Bau und Inhalt im Ganzen recht gleichförmig, doch erweisen sie sich den bereits vorliegenden Untersuchungen zufolge keineswegs so uniform wie die gleichnamigen Elemente der Gymnospermen.

Soweit ich zur Zeit den Bau der Siebröhren überblicke, scheint mir, daß zunächst zwei Gruppen zu unterscheiden sind: Siebröhren, die nur an der mehr oder weniger geneigten Endwand (Querwand) eine oder mehrere Siebplatten ausbilden (ausnahmsweise auch hie und da vereinzelt an der Längswand eine oder ein paar Siebplatten bilden) und solche, deren Längswände und unter einem meist sehr spitzen Winkel zusammenstoßenden Endwände (wie bei den Gymnospermen) mit einerlei Siebplatten versehen sind.

Es ist bereits durch die Untersuchungen von Mohl's <sup>21)</sup> bekannt, daß bei *Pinus communis* die

---

<sup>21)</sup> a. a. D. p. 880 u. Taf. XV Fig. 11 u. 10.

meißelartig zugeschräpften, prismatischen Siebröhren dadurch ausgezeichnet sind, daß <sup>n</sup> von den radialen Längswänden, entsprechend den Siebröhren der Coniferen, querovalen Siebtüpfel dicht übereinander stehen. Es scheint, daß innerhalb der ganzen Familie der Pomaceen die Siebröhren denselben Bau haben, denn bei *Pirus Malus*, *Sorbus*<sup>u</sup> *Aucuparia* und *Hostii*, *Crataegus coccinea*, *punctata*, *pinnatifida*, *Amelanchier canadensis* und *Eriobotrya japonica* habe ich den Bau der Siebröhren ebenso wie <sup>bei</sup> ~~im~~ *Pinus communis* gefunden und möchte noch hervorheben, daß die Tüpfel an den meißelartig lang zugeschräpften Enden größer sind und dichter stehen als in der übrigen Ausdehnung der radialen Wände.

Den Siebröhren der Pomaceen nähern sich sehr die von *Magnolia grandiflora* und *Evonymus europaeus*, insofern hier nicht nur die sehr langen, unter spitzem Winkel zusammenstoßenden Endwände mit dicht übereinander stehenden querovalen Siebplatten besetzt sind, sondern auch an den Längswänden kleinere, rundliche Siebplatten auftreten, und wiederum den letztgenannten nahe stehend durch die Zuschärfung der Enden und deren Tüpfelung erweisen sich *Ribes*, *Malpighia* und *Brexia*.

Die Endwände der Siebröhren erstgenannter Hauptgruppe führen in der Regel bei geringer Neigung eine, bei stärkerer Neigung mehrere Siebplatten, die Längswände, (namentlich die tangentialen) stets (?) Siebfelder in größerer oder geringerer Zahl und Ausdehnung.

Als ich mit Hilfe von Anilinblau bestrebt war



Callus in den Siebröhren verschiedenster Gewächse nachzuweisen, habe ich es leider versäumt auf das Vorkommen von Siebfeldern besonders zu achten. Unter meinen Notizen finde ich bei einer großen Zahl untersuchter Gewächse das Vorkommen von Siebfeldern ausdrücklich vermerkt, bei vielen aber nicht. Ich habe gegenwärtig nicht die Zeit, auch nicht das Material um das Versäumte nachzuholen, möchte aber aus dem Umstande, daß seit der Zeit, wo ich bei Behandlung der Präparate mit Chlzkf. die Siebröhren eingehender untersucht, stets Siebfelder, wenn auch nur kleine und zerstreute wahrgenommen, schließen, daß diese Gebilde den Längswänden (namentlich tangentialen) der Angiospermen-Siebröhren niemals fehlen. Auch bei den Pomaceen und Magnoliaceen führen die Längswände, freilich nur die tangentialen, kleine Siebfelder.

Im secundären Phloëm der Holzgewächse scheinen Siebröhren vorzuherrschen, deren Endwände nach dem bekannten Typus von *Vitis* gebaut sind, d. h. zahlreiche Siebplatten an den zu den Baststrahlen schräg geneigten Endwänden tragen; so z. B. bei allen untersuchten Amentaceen (*Quercus*, *Corylus*, *Alnus*, *Betula*, *Populus*, *Salix*, *Casuarina*), ferner *Tilia*, *Acer*, *Aesculus*, *Euphoria*, *Prunus*, *Spiraea*, *Sambucus*, *Viburnum*, *Lonicera*, *Bignonia*, *Olea*, *Syringa*, *Jasminum*, *Phellodendron*, *Astrapaea Wallichii*.

Wie bei *Vitis* kommen auch bei anderen, z. B. *Acer*, *Aesculus*, *Prunus* u. a. hie und da auch wenig geneigte oder horizontale Endwände mit einer

Siebplatte vor, doch nur ausnahmsweise. Hingegen findet man auch bei Staudengewächsen, die wie die einjährigen Gewächse mehr oder weniger geneigte, mit einer Siebplatte versehene Querswände besitzen, auch Siebröhren mit mehrplattigen Endwänden so z. B. *Lappa*, *Silphium*, *Nicotiana*, *Hypericum*. Oder es bilden sich auch an den Längswänden, wie das für *Cucurbita* bekannt, hier und da, und dann meist dicht an der Ansatzstelle der Querswand, Siebplatten von der Beschaffenheit der Endplatte aus; so bei *Lappa*, *Silphium*, *Nicotiana* und unter Holzgewächsen bei *Acer*, *Aesculus* und *Prunus*.

Unter den Holzgewächsen mit Siebröhren, deren mehr oder weniger geneigte Querswand nur eine Siebplatte ausbildet, haben wir zwei Kategorien zu unterscheiden: die Querswand bildet sich in ihrer ganzen Ausdehnung zu einer Siebplatte aus, so bei *Fraxinus excel.*, *Ulmus montana*, *Rosa Gmalini*, *Coriaria myrtifolia*, *Ilex aquifolium*, *Ficus* (*macrophylla*, *stipulacea*, *laurifolia*, *Carica*) *Anona Cheirimolia*, *Piper Cubela*, *Aristolochia Sipro*, *Atrogene alpina* und *sibirica*, oder die mehr oder weniger geneigte Querswand bildet nur einen Theil ihrer Fläche zu einer Siebplatte aus, während der übrige glatt bleibt, so bei: *Rhamnus cathartica*, *Buxus balearica*, *Berberis vulgaris*, *Nandina domestica*, *Philadelphus coronat.*, *Hippophaë rhamnoides*, *Shepherdia canadensis*. Dabei liegt, wie bei den 4 erstgenannten, die Siebplatte etwa in der Mitte der Querswand, bei den übrigen dem einen Ende genähert.

Einen eigenen Typus bilden die Siebröhren der

untersuchten holzigen Papilionaceen, wie *Cytisus*, *Coragana*, *Edwardsia*, *Halimodendron* und holzigen Polygoneen, wie *Tragopyrum lanceolatum*. Die Siebröhren sind hier wie die Bastparenchymzellen relativ sehr kurz und an den Enden dachartig zugespitzt<sup>22)</sup>, meist derart, daß die eine Fläche größer als die andere ist; mitunter ist die kleinere Fläche fast unterdrückt. Die größere Fläche ist zur Siebplatte ausgebildet; zuweilen, wenn beide Flächen gleich, oder nahezu gleich, bildet sich jede von ihnen zur Siebplatte aus.

Die Siebfelder, stets und überall durch sehr viel zartere, feinere Poren vor den Siebplatten ausgezeichnet, treten entweder von beträchtlicher Größe in der ganzen oder fast ganzen Ausdehnung der tangentialen Wände, (viel seltener auch an den radialen Wänden) auf, von einander durch leistenförmige Vorsprünge der Wand geschieden. Letztere bilden meist ein grobes Maschenwerk oder verlaufen unter einander nahezu parallel oder mehr weniger con- und divergirend, geneigt zur Längsaxe der Siebröhre; so bei den obengenannten Amentaceen. Hier findet man nicht selten die tangentialen Wände in der ganzen Ausdehnung bedeckt mit äußerst feinporigen Siebfeldern. Weniger zahlreich, ähnlich dem Typus von *Vitis*<sup>23)</sup> finden wir bei *Acer* und *Aesculus* die Siebfelder. In größter Ausdehnung habe ich bei *Fraxinus excelsior* die Siebfelder gesehen, durch sehr schmale Streifen der Wand, die kaum

<sup>22)</sup> Cfr. De Bary a. a. D. p. 537, Fig. 210.

<sup>23)</sup> Cfr. Wilhelm a. a. D. Taf. IV. Fig. 37.

vorspringen, von einander geschieden. Bei den meisten übrigen Dicotylen, namentlich Staudengewächsen, sind die meist rundlichen oder querovalen Siebfelder von meist geringer, ungleicher Größe, unregelmäßig über die Längswand zerstreut, oder bei Papilionaceen, *Corydalis*, *Eranthis hyemalis* ziemlich regelmäßig als fast kreisrunde Flecke in einer Verticallinie angeordnet.

Queranastomosen zwischen Siebröhren durch Baststrahlzellen (die sich zu Siebröhren umgewandelt) vermittelt, wie sie Wilhelm bei *Vitis* beobachtet und abgebildet (Taf. VI S. 69), habe ich außer bei *Vitis* in gleicher Weise nur noch bei *Quercus pedunculata* gesehen und zwar mehrfach. Bei *Aesculus* fand ich durch nur zweireihige Markstrahlen von einander getrennte Siebröhren mit einander durch Queranastomosen verbunden.

Die Gestalt der Siebröhren ist auch bei den Dicotylen im Allgemeinen eine prismatische, die jedoch durch Abscheidung von Geleitzellen (welche den Gymnospermen mangeln) in dem Fall, wenn letztere gleichsam einen Ausschnitt der Siebröhren darstellen, derart modificirt wird, daß der Querdurchmesser an den Enden um ein Erhebliches größer als in der Mitte ist. Die Enden der Geleitzellen verjüngen sich dann entsprechend. Werden die Geleitzellen durch eine der Siebröhrenwand parallele Scheidewand abgeschnitten, so behält die Siebröhre in ihrer ganzen Ausdehnung gleiche Weite, desgleichen die Geleitzellen. Die an den Enden verbreiterten Siebröhren bilden meist blinddarmartige Ausstülpungen, wie sie

bereits für *Vitis* durch *Wilhelm's* Untersuchungen bekannt sind <sup>24)</sup>. Noch größere Ausfackungen als die a. a. D. darstellten, fanden sich sehr häufig bei Pappeln, Eichen, Birken, Roßkastanie und Ahorn.

Die Geleitzellen, welche ich überall bei Dicotylen angetroffen, sind einfach (z. B. *Tilia*, *Sorbus*, *Prunus*, *Aesculus*) oder gefächert, gleichsam gegliedert wie bei den Amentaceen.

In Bezug auf die Anordnung der Siebröhren in der secundären Rinde der Holzpflanzen sei nur kurz bemerkt, daß sich zwei Hauptmodi unterscheiden lassen: entweder bilden sie mit ihren Geleitzellen zwischen den Baststrahlen mehrreihige tangentiale Binden, auf die 1—2 oder mehr Reihen Bastparenchymzellen folgen (Pomaceen), oder es treten unregelmäßig versprengt zwischen den Siebröhren die Bastparenchymzellen auf, von denen sich einige zu krystallführenden Zellen ausbilden oder es bildet sich besonderes Krystallfasergewebe aus, das in tangentialen Binden die Rinde durchzieht wie besonderes scharf ausgeprägt bei den *Ribesiaceen* und *Malpighiaceen*. Bei vielen Holzpflanzen kommen nun noch Bastfasergruppen von geringerer oder größerer Ausdehnung hinzu, gleichfalls tangentiale, von den Rindenstrahlen durchzogene Binden darstellend, deren peripherische Zellen sich zu den bekannten gekammerten Krystallfasern ausbilden.

Bei mehreren untersuchten Holzpflanzen, so z. B. *Populus tremula* u. *laurifolia*, *Salix*, *Sorbus*,

<sup>24)</sup> *Chr. Wilhelm* a. a. D. Taf. III S. 26, 27. Taf. II. Fig. 16, 17, 18.

Amelanchier, Berberis vulg. konnte an 2—12 jährigen Zweigen constatirt werden, daß bei normalem ziemlich ergiebigem Wachsthum fast ganz regelmäßig in jedem Jahreszuwachs solch eine Binde von Bastfaserbündeln gebildet wird, so daß man hierin bei den genannten Gewächsen ein recht brauchbares, wenn auch nicht absolut sicheres Mittel zur Bestimmung des Alters der Rindenschichten gewinnt. Weniger sicher erwiesen sich Crataegus, Rhamnus, Caragana, ganz unsicher Aesculus, Prunus, Acer. Die Rinden der älteren Stämme scheinen sich den mehrjährigen Zweigen gleich zu verhalten. In dem secundären Zuwachs des ersten Jahres wird, wenn s. g. primäre Bastfächer<sup>2</sup> vorhanden, keine Bastbündelzone gebildet. Bei Tilia europaea scheinen recht regelmäßig 3 Bastfaserzonen jährlich gebildet zu werden, wenigstens an 3—12 jährigen Zweigen.

Bei den Cupressineen, Sequoieen, Taxadineen stimmt die Zahl der Jahresringe des Holzes mit der doppelten Anzahl der Bastfaserreihen fast genau.

Indem ich zur Betrachtung des Baues der Siebplatten und Siebfelder mit ihren Callusbelägen wie des Inhalts der Siebröhren übergehe, muß ich im Voraus bemerken, daß durch die trefflichen Untersuchungen Wilhelm's an Vitis und Cucurbita so gründlich vorgearbeitet ist, daß ich in den genannten Beziehungen nur Weniges dem bereits Bekannten hinzuzufügen in der Lage bin.

Als von allgemeiner Bedeutung will ich hier nochmals hervorheben, daß die Heterogenität der Callussubstanz, welche sich in der ungleich tiefen

Färbung derselben bei Anwendung von Chlzkf. kundgibt, besonders schön an den Calluspolstern der Siebfelder wie der Callusbeläge sehr engporiger Siebplatten, sowohl bei Holz- als krautartigen Pflanzen, und an den dicken Callusbelägen älterer Siebröhren verschiedenster Gewächse zu beobachten ist. In den beiden erstgenannten Fällen erblickt man rechtwinklig zur Siebplatte, diese wie die ihr beiderseits anhaftenden Calluspolster durchsetzend, tief braune Striche oder Stifte, die in nächster Nähe der Platte am dunkelsten sind. Es ist diese Erscheinung nicht an allen Calluspolstern mit gleicher Schärfe zu sehen. An alten dicken Calluspolstern ist die streifenartige Anordnung der dunkler tingirten Callussubstanz nicht mehr kenntlich, sondern es sind nunmehr dunklere rundliche Flecke oder Tüpfeln in der helleren Grundmasse wahrnehmbar, so sehr deutlich an den ältesten peripherisch gelegenen Siebröhren von Cucurbita, Archangelica, Humulus, Lappa u. A.

Daß ein so aufmerksamer Beobachter wie Wilhelm die Stifte nicht gesehen, glaube ich mir durch die Annahme erklären zu müssen, daß die von ihm angewandte Chlorzinkjodlösung nicht genug Jodkalium und namentlich nicht genug freies Jod enthalten; nur bei Anwesenheit von sehr reichlichem Jod wird die erwähnte Erscheinung wahrgenommen, dann aber mit großer Schärfe. Besonders schön habe ich die Stifte an den Siebfelderpolstern von Populus, Salix, Vitis, Cucurbita, ferner an den Siebplattenpolstern von Sorbus und Pirus, an den wirklichen Callus-

*mineralischen*

polstern der jüngeren und jüngsten Siebplatten von *Vitis*, besonders *Vitis amurensis* (Wurzel) gesehen, ferner bei sämtlichen untersuchten Monocotylen, wo die Calluspolster etwas größere Mächtigkeit besitzen.

Hat sich im Laufe mehrerer Stunden, gewöhnlich erst nach 24 Stunden, der Callus vollständig entfärbt, <sup>dann</sup> erblickt man in günstigen Fällen an Stelle der braunen Stifte, nunmehr hell gelbliche, sehr zarte Streifen oder Fäden, die ich geneigt bin für sehr zarte Schleimfäden zu halten. Hiernach stelle ich mir vor, daß die Are der Callusstifte von äußerst feinen Schleimfäden (analog den Verbindungssträngen Wilhelm's) durchsetzt ist. Bekanntlich hat Wilhelm bei *Vitis* wie *Cucurbita* die Siebfelder durchsetzende Schleimfäden nachgewiesen (Cfr. Taf. V. F. 47) und bei genannten Pflanzen, wie bei *Sorbus Aucuparia*, wo deutliche, wenn auch äußerst zarte geknöpftete Schleimfäden (Verbindungsstränge) zu erkennen sind, ist die dunkle Färbung der Callusstifte besonders scharf ausgeprägt. Es sei nur noch bemerkt, daß nach längerem Liegen der Objecte in Alcohol, die dunklere Tinction der Stifte nicht mehr so leicht hervorzurufen ist. Ob in den zahlreichen Fällen, wo nach dem Abbleichen der Callusbeläge, resp. ihrer Stifte, wie bei sämtlichen untersuchten Monocotylen, Pteridophyten und Gymnospermen, keine Schleimfäden, wenigstens nicht in überzeugender Weise, wahrzunehmen sind, ein Durchtritt von Schleim statt habe, oder nicht, möchte schwer zu entscheiden sein.



Ich möchte hier noch eine Erscheinung besprechen, die leicht zu Täuschungen Veranlassung geben kann.

Im optischen Querschnitt, bei der Aufsicht der Siebfelder wie engporigen Siebplatten, erscheinen die von Callus ausgefüllten Poren bei gewisser Einstellung als dunklere Punkte auf hellerem Felde, bei veränderter Einstellung als hellere Punkte auf dunklerem Felde. Eine Erscheinung, die in gleicher Weise bei allen Tüpfeln oder kleinen Erhabenheiten, welche einer Fläche aufsitzen, zu beobachten ist und sich aus der Niveaudifferenz erklärt. So kann man an den großen mit Callus belegten Siebtüpfeln von Cucurbita, Populus, Vitis &c. durch verschiedene Einstellung die Umrahmung der Siebporen bald hell bald dunkel hervortreten lassen, ebenso die Lumina der Poren und die zwischen den Rahmen befindlichen Callusbeläge, wobei zu bemerken, daß bei dunkler Umrahmung der Poren, deren Lumen und die Masse zwischen den Rahmen hell erscheint, und umgekehrt. Sind Schleimfäden (Verbindungsstränge) vorhanden, so erscheint deren optischer Querschnitt stets sehr scharf contourirt; hat man auf die Oberfläche der Calluspolster eingestellt, so ruht innerhalb jedes Callusrahmens eine gelbe, scharf contourirte Kugel oder ein Knopf, das kopfig verdickte Ende des Verbindungsstranges. Bei etwas geneigter Lage der Siebplatte erhält man ein Bild, wie das von De Bary Fig. 75, p. 186 dargestellte, indem man gleichzeitig die Fäden und Köpfe sieht. Es gleicht dann das von Schleimfäden durchsetzte Calluspolster etwa einem

mit Knopfnadeln besteckten Nadelkissen, letzteres durchsichtig gedacht.

An Siebfeldern, wie sehr feinporigen Siebplatten ist es mir noch nie gelungen optische Durchschnitte von Schleimfäden zu sehen (in der Aufsicht). Bei gewisser Einstellung sieht man zwar den Durchschnit des Calluspfropfes in der Mitte viel heller als an der Peripherie, und zwar gelb oder gelblich, doch nie ist dieses helle Centrum von einem Contour begrenzt, sondern verliert sich ganz allmählig in die dunklere Peripherie. Bei Monocotyledonen, selbst wo die Siebporen relativ recht weitlichtig sind, wie bei *Smilax excelsa* oder gar *Pandanus odoratissimus* (Wurzel), wo die Maschen an Weite denen von *Vitis* oder *Populus* mindestens gleichkommen, habe ich das hellere, gelbe Centrum ohne Grenze in die braune Peripherie übergehen sehen.

Sind solche Siebplatten und Felder als offene zu bezeichnen? Daß sie wegsam, scheint mir nicht zweifelhaft, namentlich im Hinblick auf die Gymnospermen; denn hier sind zu keiner Zeit die Calluspropfen durchsetzende Schleimfäden, wie auch Sancierowski angiebt, wahrzunehmen. Es wäre aber doch absurd zu behaupten, daß hier kein Uebertritt des Inhalts einer Siebröhre in die andere durch die Siebplatten statt habe, weil diese durch Callus verstopft seien.

Der „Hüllschlauch“, überall in lebenden Siebröhren nachweisbar, ist im Grunde nichts Anderes als der Protoplasma-Wandbeleg, welcher jeder ausgewachsenen und lebenden Zelle eignet, nur scheint er dehnbarer zu sein, und ist nicht so feinkörnig wie

der gewöhnliche Wandbeleg. Die weniger zahlreichen, aber größeren Körnchen erscheinen wie an sehr feinen Schleimfäden befestigt, die oft dem Hüllschlauch ein längsgestreiftes Ansehen verleihen.

Ob die Schläuche benachbarter Röhren durch die Perforationen der Siebplatte mit einander in Verbindung treten, ist wegen der Kleinheit und Zartheit der Verhältnisse, mit Ausnahme von Cucurbita, nicht mit Sicherheit auszumachen. Beim Kürbis aber ist es mir gelungen an einem Präparate deutlich die Fortsetzung des Hüllschlauches durch den Siebkanal bis ins nächste Glied zu verfolgen, da der Schlauch hier sehr reich an kleinen kugligen Körnchen ist, die der Wand dicht anliegen, so daß der Schlauch im optischen Durchschnitte wie eine feine Perlschnur erscheint; diese sah ich, wenigstens die peripherischen Kanäle, deutlich auskleiden. Wilhelm hat diesen Punkt unentschieden gelassen. Daß aber auch an den engporigen Siebplatten eine Communication zwischen den Schläuchen benachbarter Glieder besteht, wird wahrscheinlich durch den Umstand, daß bei Macerationspräparaten nicht selten an den von der Wand abgerissenen Siebköpfen (der Platten wie Felder) wie z. B. bei *Sorbus Aucuparia* und *Prunus Padus*, der Hüllschlauch in Form langer, dünner Schlauchäste, aus den in der Wand verursachten Löchern heraustrittend, haften bleibt. Bei *Sorbus* und *Pirus*, wo, wie oben bemerkt wurde, die Siebplatten in der ganzen Ausdehnung der Längswände stehen, geschieht es beim Zerren mit den Nadeln nicht selten, daß zwei neben einander liegende Siebröhrenglieder um ein

beträchtliches Stück auseinander gezogen werden, durch die herausgetretenen Nette des Hüllschlauches aber verbunden bleiben, so daß sie in diesem Zustande zwei in Copulation bezriffenen Spirogyrasaden ähnlich sehen. Dieselbe Erscheinung beobachtete ich bei *Prunus Padus* an den Siebfeldern.

Der Schleim, d. h. das helle, körnchenlose Plasma, wahrscheinlich nie den Siebröhren fehlend, ist in größerer oder geringerer Ansammlung an den Siebköpfen, oder gar als das Siebröhrenglied durchziehender Strang, nur bei Dicotylen nachzuweisen mir gelungen, und auch hier keineswegs überall. Mindestens bei einem Drittel der untersuchten Dicotylen war ebenso wenig wie bei irgend einem der Monocotylen und Pteridophyten von „Schleimsträngen“ oder auch nur Schleimanhäufungen an den Siebplatten etwas wahrzunehmen. Schleimstränge und Schleimsäcke von relativ so beträchtlicher Ausdehnung, wie bei *Cucurbita* wurden bei *Humulus*, *Tilia*, *Rhamnus*, so wie etwa bei *Vitis*, an *Aesculus*, *Acer*, *Ulmus*, *Fraxinus*, *Bignonia*, *Atragene*, *Cimicifuga*, *Clematis*, *Datisca*, *Rosa*, *Edwardsia*; in noch geringerer Ausdehnung bei den Amentaceen, *Lonicereen*, *Nicotiana* und *Lappa* gefunden. Keine größeren Schleimanhäufungen, als man sie hie und da dem Hüllschlauch anhaften sieht, konnten bei *Asclepias Cornuti*, *Impatiens noli tang.*, *Silphium connatum*, *Archangelica decurrens*, *Ligusticum Levist.*, *Aconitum Napellus*, *Loasa acanthifol.*, *Thunbergia alata*, *Hippuris*, *Cuscuta*, *Monotropa*, *Myriophyllum*, *Pinguicula vulg.*, auch bei der Mehrzahl der Siebröh-

ren von *Betula*, *Populus*, *Prunus*, *Pomaceen*, *Evo-  
nymus* nachgewiesen werden. Indessen mögen weiter  
fortgesetzte, oft an verschiedenen Individuen einer  
*Species* wiederholte und zu verschiedenen Zeiten an-  
gestellte Untersuchungen für das Vorkommen größerer  
Schleimmengen günstigere Resultate ergeben.

Den f. g. „Binnenschlauch“ der Kürbis-Siebröh-  
ren möchte ich nicht als eine besondere membran-  
artige Bildung gelten lassen; er ist nichts Anderes  
als die äußere, dichtere Schicht des Schleimstranges,  
obgleich er nicht selten einer zarten, faltigen Haut,  
wie *Wilhelm* bezeichnend sagt: einem zarten, ge-  
falteten Schleier gleicht. Diese membranartige Be-  
schaffenheit tritt so deutlich nur an Alcoholmaterial  
auf. An lebenden Siebröhren, unter Wasser beob-  
achtet, gleicht der Binnenschlauch genau den großen,  
dicken, nicht beweglichen Protoplasmasträngen in den  
basalen Zellen der Haare junger Sprossen und Blät-  
ter des Kürbisses. Dieselbe Beschaffenheit zeigt der  
Schleimstrang von *Humulus*, *Tilia* und *Rhamnus*.

In Bezug auf die die Siebkanäle durchsetzenden  
Schleimfäden, die sog. Verbindungsstränge oder  
Schlaucharme, kann ich die Angaben *Wilhelm*'s  
in allen Punkten bestätigen und will nur hinzufügen,  
daß es mir bei der Esche gelungen ist, ebenso wie  
beim Kürbis, in einander geschachtelte Schleimblasen  
oder Zotten wahrzunehmen, deren *Wilhelm* er-  
wähnt. Ferner bemerke ich, daß die Schleimnatur  
der Knöpfchen der Verbindungsstränge unzweideutig  
an Präparaten erkannt wird, die von eingetrocknetem  
Material gewonnen werden. Im Wasser weichen

die Schnitte vollkommen auf, und erlangen sämtliche Elemente ihre ursprüngliche Gestalt vollkommen, oder fast vollkommen wieder. Die Schleimknöpfe sind nunmehr nicht sichtbar, sondern aus jedem Siebkanal zieht ein feiner Schleimfaden zu der gegenüberstehenden Wand, quer durch das Lumen der Siebröhre, nach einer oder nach beiden Seiten hin. Der Querschnitt solch einer Siebröhre gewährt etwa das Bild einer mit Saiten bespannten Lyra oder Harfe.

Stärke ist, wie das bereits von Brössi<sup>25)</sup> nachgewiesen worden, in den Siebröhren der meisten Dicotylen vorhanden. Zur Vegetationszeit scheint die Stärke in den Siebröhren nur wenigen Dicotylen zu fehlen; außer *Cucurbita* kann ich noch *Humulus* und *Tilia* anführen, wahrscheinlich gehört auch *Rhamnus cathartica* hierher. Da bei den Gymnospermen gleichfalls Stärke vorkommt, bei den Pteridophyten aber nie eine Spur von Stärke gesehen wurde, und bei Monocotylen bisher nur bei den Scitamineen (*Musa*, *Strelitzia* und *Canſa*) und in den Wurzeln einiger Palmen (*Cocos philensis* und *Copernicia* sp.?) Stärke nachgewiesen werden konnte, so bin ich durch meine bisherigen Untersuchungen zu der Ansicht gedrängt worden, daß, mit wenigen Ausnahmen auf der einen wie anderen Seite, die Siebröhren der offenen (mit Cambium versehenen) Leitbündel Stärke führen, die der geschlossenen keine.

Im Vergleich mit den Siebröhren und dem Bast-

<sup>25)</sup> Bot. Zeitg. 1873.

parenchym, welches letztere, soweit meine Untersuchungen reichen, zur Vegetationszeit Stärke und meist sehr viel Stärke führt, ist das Fehlen von Stärke in den Geleitzellen sehr auffallend. Ob sie hier bei allen untersuchten Pflanzen fehlt, darüber kann ich keine bestimmte Angabe machen, da ich es leider verabsäumt mir überall die bezüglichen Notizen zu machen. Jedenfalls sind bei der großen Mehrzahl der untersuchten Gewächse die Geleitzellen stärkefrei, dagegen sehr reich an Plasma, das mitunter, so besonders bei Sorbus, in strangartigen Massen auftritt, die länger als die Zellen sind und daher mehrfach geknickt oder gefaltet das Lumen erfüllen, ähnlich dem auf Taf. V, Fig. 44 von Wilhelm dargestellten Schleimstrang.

Die ersten kurzen Angaben über Entwicklung der Siebröhren rühren, wie oben angeführt worden, von S a n c z e w s k y, her; diesen zufolge soll bei den Dicotylen das Sieb oder Gitter sich vor der Callusbedeckung ausbilden; seinen letzten, ausführlichen Mittheilungen zufolge jedoch erst nach dem Auftreten des Callus, und zwar dadurch, daß der Callus durch Umwandlung der Cellulose an bestimmten Stellen der Membran sich bildet, derart, daß zu beiden Seiten der Membran an correspondirenden Stellen Calluswarzen gleichsam hervorstechen, die, sobald die sie trennende Celluloselamelle sich vollständig in Callus umgewandelt, verschmelzen und nunmehr die Calluspfropfen darstellen, welche die Siebporen ausfüllen; nachträglich werden diese Pfropfen von den Verbindungssträngen durchsetzt.

Die ersten eingehenden Untersuchungen über Entwicklung der Siebröhren von *Vitis*, *Cucurbita* und *Lagenaria* hat Wilhelm in seiner oft von uns citirten Abhandlung publicirt. Die von dem genannten Forscher erzielten Resultate in Bezug auf Entstehung des Callus und Cellulosegitters sind dieselben, zu welchen Sanczewsky später gelangt.

Meine diesbezüglichen Untersuchungen habe ich in erster Linie am Kürbis und der Zitterpappel, ferner an Eiche, Roßkastanie und Linde angestellt.

Die Veränderungen im Zellinhalt der jungen Siebröhren des Kürbisses bis zum Auftreten der Callusgebilde habe ich genau ebenso gefunden wie Wilhelm sie beschreibt, doch in Bezug auf das Auftreten des Callus kann ich nicht ganz übereinstimmen. Ich kann nicht umhin zu bemerken, daß die erfreuliche Uebereinstimmung, welche in jeder anderer Hinsicht zwischen den Untersuchungen Wilhelms und den meinigen besteht, mich angetrieben die Bedenken, welche in Betreff der Darstellung der Entwicklung des Callus und Cellulose-Siebes von Seiten Wilhelms sich bei mir einstellten, durch wiederholte Untersuchung des Gegenstandes zu heben, doch daß ich immer mehr und mehr in meinen gegentheiligen Anschauungen bestärkt worden bin.

Das Ergebnis meiner Untersuchungen besteht darin, daß die später in ein Sieb sich umwandelnde Platte bereits vor dem Sichtbarwerden des Callus getüpfelt ist, und daß die Callussubstanz in die sehr seichten Grübchen (Tüpfel) abgelagert wird, nicht aber durch Umwandlung



der Celluloje entsteht, wie Wilhelm mit einiger Reserve, Sanczewsky ganz entschieden behauptet.

Brauchbare Durchschnitte der Querwand vor Ablagerung des Callus sind bei Cucurbita sehr schwer zu erhalten. Leichter gelingt es von Populus oder Holzgewächsen überhaupt genügend dünne Schnitte von eingetrocknetem Material zu erlangen; beim Kürbis läßt sich dieses Verfahren leider nicht anwenden, dafür erleichtert aber hier die Größe der betreffenden Theile die Untersuchung. An gelungenen Längsschnitten (radialen) von Cucurbita nun habe ich mich aufs Bestimmteste überzeugt, daß bereits vor dem Sichtbarwerden des Callus die Membran getüpfelt ist; namentlich am Rande der quer durchschnittenen Platte sind die sanften Einsenkungen oder Verdünnungen der Platte deutlich zu sehen; weiter nach der Mitte hin ist die Querwand schwach wellenförmig hin- und hergebogen, und ist der Unterschied in der Dicke zwischen den dünneren und dickeren Partien der Wand weniger deutlich. Ob die an Wilhelm's Macerationspräparaten sichtbare Wellung der Endwand mit der hier erwähnten identisch ist, wage ich nicht zu entscheiden. Sobald Callusreaction eintritt, nimmt man zu beiden Seiten der durchschnittenen Platte einander correspondirende, braune, etwas gekrümmte Streifen, fast von der Länge des Querdurchmessers der einzelnen Siebtüpfel wahr, die ihre Convexitäten gegen einander kehren. Zwischen diesen Streifenpaaren, haarstark von ihnen abgegrenzt, erblickt man die durchschnittenene Cellulosewand, an Dicke nicht ganz den braunen Streifen gleichkommend.

Kommt ein Theil der durchschnittenen Wand geneigt zur Sehaxe des Beobachters zu liegen, so sieht man die Wand bedeckt mit rundlich-eckigen Plättchen, oder vielmehr seichten Schüsselchen, weil die Ränder der Plättchen deutlich etwas aufgebogen sind, und wie gewulstet erscheinen; daher erscheint der optische Querschnitt des Plättchens als ein namentlich an den Enden sanft gekrümmter Streifen. Hieraus erklärt es sich, daß in der Aufsicht, bei gewisser Einstellung, die Ränder dunkler erscheinen als die Mitte und umgekehrt (in Folge der Niveau-Differenz), und halte ich daher die von Wilhelm in der Erklärung der Fig. 118 gegebene Deutung der Ursache der heller erscheinenden Mitte für unzutreffend.

Bei der Eiche, Zitterpappel und Roßkastanie, wo die Siebtüpfel, resp. Callusplättchen sehr viel kleiner sind als beim Kürbis, habe ich die erste Anlage der Callusplättchen gleichfalls in Form seicht vertiefter Schüsselchen deutlich wahrgenommen, doch gelang es mir nicht das Vorhandensein einer Tüpfelung vor dem Sichtbarwerden des Callus wahrzunehmen, wohl wegen der Kleinheit und Zartheit des Object's. Bei *Populus tremula* konnte auch an Schnittpräparaten die Bildung der Siebfelder-Callusplättchen in derselben Weise wie an den Siebplatten vor sich gehend constatirt werden.

Von *F a n c z e w s k i* werden die Callusanlagen als Warzen (*mamelons*) bezeichnet; eine Benennung, die dem Mitgetheilten zufolge die Sachlage keinesweges treffend ausdrückt. Erst in weiter vorgeschrit-

tenen Stadien erscheinen die Callusablagerungen als Warzen.

Die Callusplättchen sind ihrer Flächenausdehnung nach, bei ihrem Sichtbarwerden nicht viel kleiner als im ausgebildeten Zustande und ist ihre Umgrenzung nicht rund, sondern gerundet eckig. Auch Wilhelm nennt sie rundlich-eckig und bildet sie so ab (Taf. IX. Fig. 120 und Taf. III. Fig. 31). Ein Verschmelzen mehrerer kleiner Plättchen zu einem größeren habe ich nicht beobachtet.

In der Mehrzahl der Fälle besteht eine beträchtliche Uebereinstimmung der Platten in Bezug auf Größe und Häufigkeit der Tüpfel, doch kommen auch Ausnahmen vor, und ich muß hervorheben, daß ich im Ganzen nur sehr selten auf Platten jüngster Siebröhren gestoßen bin, die durch ungleich große, wenig zahlreiche und kleine Callus-Plättchen auffielen, wie etwa die von Wilhelm in Fig. 120 dargestellte eine ist; daher darf man, meiner Ueberzeugung nach, die Bilder, welche Platten verschiedener Siebröhren gewähren, nicht ohne Weiteres combiniren.

Ich lege auf das eckige Ansehen der zuerst sichtbaren Callusplättchen Gewicht, denn wenn der Callus durch Metamorphose der Cellulose entstünde, wäre zu erwarten, daß die Bildung in Form runder, verwachsen contourirter Tüpfeln ihren Anfang nähme. Ferner spricht aufs Entschiedenste gegen die Umwandlung der Cellulose die äußerst scharfe Abgrenzung der Callusplättchen gegen die Cellulosemembran in der Querschnittsansicht. Es ist nicht denkbar, daß bei

einer chemischen Umwandlung einer Substanz in eine andere, während dieses Processes eine scharfe Grenze zwischen diesen Substanzen bestehe. Ferner ist es kaum begreiflich wie die Membran längere Zeit in gleicher Dicke verharren, ja noch an Volumen zunehmen kann, während ein großer Theil ihrer Substanz sich umwandelt. Zu einer Zeit, wo jedes Plättchen eines Paares mehr als die doppelte Dicke der sie trennenden Celluloselamelle erreicht, ist letztere nicht dünner geworden als sie anfänglich war. Rufen wir uns endlich ins Gedächtniß, daß die Siebplatten alter Siebröhren mit einem Callusbeleg versehen sind, dessen Volumen das der Siebplatte wohl bis zum hundertfachen übertrifft (derartige Gebilde sind beim Kürbis und vielen anderen Gewächsen nicht selten). Ist es wohl denkbar, daß diese Callusmasse sich aus der Substanz des Cellulosegitters gebildet ohne das letzteres an Volumen abgenommen, ja, daß letzteres noch beträchtlich zugenommen, denn die Gitterstäbe des alten Siebes sind um ein Beträchtliches stärker, als die des jungen. Das Gitter wird früh ganz von Callus bedeckt; es müßten nun fortwährend Cellulosemoleküle vom Inhalt der Siebröhre aus durch den Callus hindurch in die Substanz des Gitters hineingeführt werden um dann daselbst in Callus umgebildet zu werden! Oder man müßte zu der sehr gezwungenen Annahme die Zuflucht nehmen, daß das Cellulosematerial zur Callusbildung aus der Längswand der Siebröhre in das Gitter der Querswand hineinwandere.

Dagegen erklären sich alle beobachteten Thatsachen

einfach und ungezwungen durch die Annahme, es werde die Callussubstanz von dem Inhalt der Siebröhren ausgeschieden und abgelagert. Da bereits vor dem Auftreten des Callus Tüpfel vorhanden sind, erklärt sich die rundlich-eckige Umgrenzung und schüsselförmig vertiefte Gestalt der Callusplättchen bei deren erstem Sichtbarwerden. Die scharfe Abgrenzung gegen die Cellulosemembran, das spätere Auftreten der Callussubstanz auf den Gitterstäben, wie die nachträgliche, oft sehr starke Volumenzunahme derselben ist von selbst klar, sobald man den Callus durch Ablagerung sich bilden läßt.

Die Auflösung der Celluloselamellen zwischen den Callus-Schüsselfchen, wie die Entstehung der Verbindungsstränge zu beobachten ist mir nicht gelungen.

Mit der Functionsdauer der Siebröhren sehen wir die Callusgebilde an Volumen zunehmen, das zeigt jeder Querschnitt und radiale Längsschnitt, der mehrere Jahreslagen der Rinde umfaßt. Derselbe zeigt aber auch, daß gegen Ende des zweiten Lebensjahres der Siebröhren (mit Ausnahme der Rinde vielleicht) die Lebensthätigkeit zu erlöschen anfängt, und ein Zerfall und Abbröckeln des Calluspolsters beginnt, seltener gleichsam ein Abschmelzen.

In mehreren Siebröhren des dritten und folgenden Jahreszuwaches der Rinde, ja mitunter (sowohl bei Nadel- als Laubhölzern) bis zum 10. Jahresring der Rinde, trifft man an einzelnen Siebplatten, diese in toto oder theilweise bedeckend, Callusgebilde, die kaum sich von denen des zweiten Jahres

unterscheiden. Diese langandauernden Reste der Callusgebilde habe ich früher <sup>26)</sup> nicht erkannt, und da mir die Entwicklung der Rinde noch unbekannt war, den jährlichen Zuwachs derselben um das Doppelte zu groß gehalten, woher es mir schien, daß meist nur die in der letzten Vegetationsperiode gebildeten Siebröhren mit Callusbelägen ausgestattet seien.

Die Volumzunahme der Callusgebilde mit steigendem Alter ist nicht bei allen Gewächsen gleich; so ist sie relativ geringer bei Holzgewächsen, deren Siebplatten das ganze Jahr hindurch von Verbindungssträngen durchsetzt sind, wie z. B. bei *Tilia*, *Rhamnus*, *Rosa* u. a., dagegen sehr beträchtlich bei Coniferen, Amentaceen, *Fraxinus*, *Aesculus*, *Acer*, *Vitis* und sehr vielen Stauden wie einjährigen Gewächsen. Stets sind die Callusbeläge in den Erstlingen des Phloëms (Protophloënzellen) relativ sehr groß, desgleichen in den ältesten Siebröhren des secundären Phloëms. Beim Kürbis z. B. oder beim Hopfen, den großen Umbelliferen (*Archangelica*), Ranunculaceen (*Aconitum*, *Cimicifuga*), Compositen (*Lappa*, *Silphium*) erreichen die Callusbeläge eine Dicke, die dem Querdurchmesser der Siebröhren gleichkommt oder ihn gar übertrifft <sup>27)</sup>. Die Masse dieser großen Calluspolster ist nicht homogen, denn unter Ohlzidk. erscheint sie wie dunkel getupft, während jüngere Callusbeläge eine regelmäßige Streifung rechtwinklig zur Oberfläche der Siebplatte erkennen

<sup>26)</sup> Sitzbrcht. d. Dorp. Naturfgsllsch. 1881. 28. April.

<sup>27)</sup> Cfr. Nägeli, Sitzbr. d. Bayr. Acad. 1861, 9. Febr. Taf. I. Fig. 7 u. 2.

lassen. Erstere Beläge scheinen für immer ihre Befähigung verloren zu haben, während letztere die Fähigkeit, in nächster Vegetationsperiode von Verbindungssträngen durchsetzt zu werden, nicht eingebüßt. Es ist das besonders deutlich an Holzgewächsen, namentlich den Amentaceen und *Vitis vinifera* und in der Wurzel von *Vitis amurensis* zu beobachten; aber hier sind es nur die in der zweiten Hälfte der letzten Vegetationsperiode gebildeten Siebröhren, an deren Callusbelägen man die dunklen Stifte wahrnimmt. Bei den Amentaceen, *Acer*, *Aesculus*, *Fraxinus* bleiben die Callusbeläge der letztgebildeten Siebröhren zum Winter meist offen, wenn auch nur selten von Verbindungssträngen durchsetzt. In noch höherem Maaße gilt das von der Ulme, und bei zahlreichen Holzgewächsen behalten die Siebröhren während ihrer ganzen Lebensdauer, im Winter wie im Sommer, von Verbindungssträngen durchzogene Siebplatten. *Sanczewsky* nennt als solche: *Aristolochia Siphon*, *Tilia parvifolia*, *Fagus sylvatica* und *Rosa canina*; beide letzteren habe ich nicht untersucht; für beide ersteren kann ich das genannte Verhalten bestätigen, und als ihnen sich gleichverhaltend hinzufügen: *Rhamnus cathartica*, *Rosa Gmelini*, *Berberis vulgaris*, *Atragene alpina*, *Hippophaë rhamnoides*, *Ilex aquifolium*, *Ficus Carica*, *Coriaria myrtifolia*, *Nerium Oleander*; ferner zeigten alle untersuchten Warmhauspflanzen im Januar dieselbe Erscheinung: *Ficus macrophylla*, *Benjamina laurifolia*, *stipulacea*, *Anona Cheirimolia*, *Jasminum simplicifolium*, *Astrapaea Wollichii*.

Von besonderem Interesse ist wohl der Umstand, daß bei fast allen untersuchten Holzgewächsen im Winter die Siebröhren der Wurzel sich denen des Stammes zur Sommerzeit gleichverhalten. So fand ich in der Ausdehnung des letzten Jahreszuwachses die Siebplatten mit ihren Callusbelägen durchsetzt von Verbindungssträngen und reich an Stärke im Januar-Monat bei: *Populus tremula*, *nigra*, *laurifolia*, *Quercus ped.*, *Acer plat.*, *Aesculus Hipp.*, *Fraxinus excelsior*, *Prunus Padus*, *Betula alba*, *Salix Caprea*, *fragili-alba*, *acutifolia*, *Phellodendron amurense*, während im Stamm nur die Platten der letztgebildeten Siebröhren offen, und zum Theil von Verbindungssträngen durchsetzt waren, und wenig oder gar keine Stärke führten. Besonders auffallend ist der Unterschied zwischen den Siebröhren des Stammes und denen der Wurzel von *Vitis vinifera* (bei uns natürlich im Kalthaus cultivirt). Im Stamm sind die Siebköpfe sämtlicher Siebröhren geschlossen, ohne Verbindungsstränge, in der Wurzel alle Siebröhren offen, mit Verbindungssträngen versehen. Merkwürdiger Weise zeigt *Vitis amurensis* (im freien Lande bei uns cultivirt) ein ganz abweichendes Verhalten in der Wurzel; die Siebköpfe sind wie im Stamm sämtlich geschlossen.

Bei den oben genannten Gewächsen, deren Siebröhren des Stammes im Winter und Sommer gleiche Beschaffenheit zeigen, stimmen auch die Siebröhren der Wurzeln mit denen des Stammes im Winter überein, so bei *Ulmus montana*, *Tilia parvifolia*, *Rhamnus cathart.* *Rosa Gmelini*.



Im Angesicht dieser Thatsachen muß man wohl dem Callus die ihm bisher zugesprochene Function: die Siebplatten zur Zeit der Vegetationsruhe zu verschließen, aberkennen; denn dort, wo keine Verbindungsstränge angetroffen werden, hat die Wegsamkeit der Beläge noch nicht aufgehört, wenigstens so lange nicht, als sie von den vorhin erwähnten „Stiften“ durchsetzt werden, die stofflich jedenfalls von dem eigenthümlichen Callus verschieden sind. Soweit meine Beobachtungen reichen, scheinen in der neuen Vegetationsperiode nur in denjenigen Siebköpfen wieder Verbindungsstränge aufzutreten, deren Callusbeläge zur Zeit der Ruhe „Stifte“ erkennen lassen. Bei den Amentaceen, die näher untersucht wurden, fanden sich im Juni-Monat in nächster Nähe der neugebildeten Siebröhren, ältere vorigjährige, deren Siebplatten mit dicken, unwegsamem, stiftlosen Calluspolstern bedeckt waren. Auch Wilhelm hebt hervor, daß nicht selten beim Erwachen der Vegetation unter Siebröhren mit offenen Platten solche mit verschlossenen angetroffen werden. Durch die Anwesenheit dieser „Stifte“ wird die Erscheinung des Wiederauftretens der Verbindungsstränge verständlich; bei einer homogenen Structur des Callus wäre die flache kanalartige Perforation desselben nach eingetretenem vollkommenem Verschuß kaum begreiflich. Berücksichtigen wir ferner, daß bei den Gymnospermen wie Pteridophyten und Monocotylen wie bei zahlreichen Dicotylen zu keiner Zeit, wenigstens nicht mit Evidenz, Verbindungsstränge, wohl aber Callusstifte nachzuweisen sind, so kommen wir zu

dem Schluß, in der Stifftsubstanz vielleicht nur eine eigene Modification des Schleimes oder ein Uebergangsstadium zum Callus erblicken zu dürfen.

In dem Maaße als die Callusbeläge an Volumen zunehmen, sehen wir den Schleiminhalt der Siebröhren abnehmen bis zum vollständigen Schwund, dasselbe gilt von den Stärkekörnern, doch bleiben diese länger erhalten; ferner scheint zwischen Schleim und Stärke meist eine Reciprocität zu bestehen: je schleimreicher eine Siebröhre um so stärkeärmer ist sie mit Ausnahme von *Vitis* und *Bignonia*. Zur Zeit der Vegetationsruhe sind die Schleimstränge, und in noch viel höherem Maaße die Stärkemengen geringer als zur Vegetationszeit; besonders auffallend ist letztere Erscheinung bei den Amentaceen; bei *Populus laurifolia*, *nigra*, *alba*, deren Siebröhren im Sommer sehr reich an relativ großen Stärkekörnern sind, ist im Winter keine Spur, bei *Populus tremula* nur äußerst wenig Stärke anzutreffen. Bei der Eiche führen im Winter nur die letztgebildeten Siebröhren einige wenige durch Tod sich sehr bleich violett färbende Stärkekörner. Ferner wurde im Winter bei *Atragene alpina* u. *sibirica*, *Rhamnus cathart.* *Berberis vulg.* *Hippophaë rhamnoides*, *Rosa Gmelini*, *Ilex aquif.* keine Stärke angetroffen; ob die Siebröhren genannter Gewächse im Sommer mit Ausnahme von *Atragene*, bei der ich reichlich Stärke gefunden, Stärke führen, weiß ich nicht anzugeben.

Alles bisher Mitgetheilte bezieht sich auf die Siebröhren des Stammes wo nicht ausdrücklich die Wurzel genannt ist, deren Siebröhren, wie wir ge-

sehen, in Bezug auf Bau und Inhalt sich denen des Stammes gleich verhalten (wenigstens bei Holzgewächsen). Dagegen weichen die Siebröhren der Blätter insofern ab, als die Querwände nur wenig geneigt oder horizontal gestellt sind, und meist nur eine Siebplatte ausbilden auch dort, wo im Stamm die geneigten Querwände der Siebröhren mehrplattig sind; so bei *Populus*, *Acer*, *Aesculus*. Bei *Sorbus* und *Eriobotrya* sind die wenig geneigten Endwände der Blatt-Siebröhren mit nur 2—3 kleinen Platten versehen, während im Stamm die langzugespitzten Enden nicht nur, sondern auch die Längswände in ihrer ganzen Ausdehnung mit Siebtüpfeln besetzt sind. Bei *Magnolia* kommen an den Längswänden der Blatt-Siebröhren auch einige wenige Siebplatten vor. So unvollständig diese Beobachtungen, glaubte ich ihrer doch erwähnen zu müssen um zu weiteren Untersuchungen in dieser Richtung anzuregen.

Von höherem Interesse ist der Umstand, daß die im Laufe der Vegetationsperiode auch an den Siebplatten der Blatt-Siebröhren sich anhäufenden Callusmassen im Herbst nicht aufgelöst werden, sondern persistiren und unverändert in den gelben abgefallenen Blättern angetroffen werden, während bekanntlich die Reservestoffe und Eiweißsubstanzen vor dem Blattfall auswandern. Kleine Stärkemengen, wie bereits Briosi a. a. D. angiebt, werden allerdings in den Siebröhren abgefallener Blätter angetroffen, doch sind diese Mengen im Vergleich zu denen der Sommerzeit sehr gering.

Constatirt wurde bisher die unveränderte Callus-

masse in den herbstlichen, frisch abgefallenen Blättern von: *Populus tremula* und *nigra*, *Sorbus Aucuparia*, *Aesculus Hippocastanum*, *Fraxinus excelsior* und *Acer platanoides*.

Ebenso wie in den Blättern bleiben in den zum Winter absterbenden oberirdischen Sprossen der Staudengewächse (*Aconitum*, *Archangelica*, *Paeonia*) die Callusmassen der Siebröhren unverändert zurück, während die Nähr- und Baustoffe bis auf kleine Reste in die unterirdischen Theile der Pflanze wandern. Bei den einjährigen Gewächsen ist gleichfalls keine Abnahme der Callusgebilde zur Zeit der Fruchtreife wahrzunehmen. Nehmen wir hiezu noch die That- sache, daß in den Rinden der Holzgewächse ein nicht unbeträchtlicher Theil der Callussubstanz in den abgestorbenen Siebröhren jahrelang unverändert liegen bleibt, so drängt sich uns die Ueberzeugung auf, daß der Callus nicht die Bedeutung eines Reservestoffes haben kann, was ich früher mit Wilhelm angenommen.

Aus dem bereits über die Siebröhren der

### M o n o c o t y l e n

Mitgetheilten geht deren nahe Uebereinstimmung mit den Dicotylen hervor in Bezug auf Bau und Inhalt der Siebröhren, doch treten uns auch einige Verschiedenheiten bereits entgegen. Ob die relativ langen, englichtigen Elemente zwischen den Siebröhren (besonders regelmäßig in ihrer Stellung bei den Cyperaceen und Gramineen) in derselben genetischen Beziehung zu letzteren stehen wie die Geleitzellen der Dicotylen zu deren Siebröhren, habe ich bisher noch nicht ermittelt, da ich die Entwicklungsgeschichte nicht

untersucht. Nach Janczewsky sind sie Tochterzellen der Siebröhren.

Außer den Siebplatten, an den bald horizontalen, bald mehr oder weniger bis sehr stark geneigten Endwänden, kommen auch regelmäßig Siebfelder, an den Längswänden, mitunter in sehr großer Zahl vor, so bei *Cyperus Papyrus* und zahlreichen Palmen. Horizontale Querwände sind stets von einer Siebplatte eingenommen, während bei starker Neigung der Endwand zahlreiche Platten auftreten, doch nicht wie bei Dicotylen von rundlich quadratischer oder rechteckiger Gestalt, sondern meist rundlich-dreieckig oder unregelmäßig eckig-rundlich, wie bei den Farnen, namentlich wie bei *Pteris aquilina*. So besonders bei den *Sonilaceen*, wo die Siebplatten durch stark vortretende leistenförmige Verdickungen der Membran von einander getrennt sind.

Im Vergleich mit den Siebröhren der Dicotylen und Gymnospermen ist die Callusbildung hier eine geringe, meist sehr geringe. Relativ stärker als auf den Siebplatten sind die Calluspolster auf den Siebfeldern. Eine deutliche Perforation der Callusbeläge durch Schleimfäden habe ich nie mit Deutlichkeit wahrnehmen können; dagegen habe ich Callusstifte überall an den Belägen der Platten functionirender Siebröhren wahrgenommen, an den kleinen Calluspolsterchen der Siebfelder dagegen nur selten deutlich. Ob die von Janczewsky erwähnten und abgebildeten Streifen in der Callusmasse mit den Stiften identisch sind, wage ich nicht zu entscheiden.

Größere Anhäufungen von Schleim an den Sieb-

köpfen, wie Schleimstränge habe ich, wie früher schon bemerkt wurde, stets vermist wie auch Stärkekörner, die nur bei den Scitamineen in außerordentlicher Kleinheit, relativ recht groß in der Wurzel einer Copernicia, kleiner in der Wurzel von Cocos chilensis gefunden wurden. Dafür ist aber der Inhalt meistentheils ausgezeichnet durch die Anwesenheit zahlreicher kleiner, durch Ehlzjd. sich gelb bis gelbbraun färbender, glänzender Kügelchen, die dem „Hüllschlauch“ besonders reichlich in der Nähe der Siebplatten wie Siebfelder, dicht anliegen. Die dünnen Callusbeläge der Siebplatten sind oft dicht bedeckt mit diesen Kügelchen, woher es den Anschein gewinnt als seien die Platten von geknüpften Verbindungssträngen durchsetzt. Uebrigens gehört der Nachweis von Verbindungssträngen bei sehr feiner Siebtüpfelung zu den allerschwierigsten Aufgaben der mikroskopischen Untersuchung und ist daher eine Täuschung hier leicht möglich. Für Phragmites communis und Typha latifolia (Rhizom) giebt Tanczewsky von Protoplasmafäden durchsetzte Siebplatten an. Die Abbildungen von Typha lassen die Verbindungsstränge deutlich erkennen, doch an denen von Phragmites finde ich keine dargestellt. Von den beiden genannten Pflanzen habe ich nur Typha im Sommer untersucht, doch ist es mir nicht gelungen mit Sicherheit Verbindungsstränge zu sehen.

Die stärksten Callusbeläge wurden bei den Cyperaceen (namentlich im Rhizom) gefunden, die dünnsten bei den Orchideen (Wurzeln von Vanda, Aëridas, Vanilla) und baumförmigen Liliaceen

<sup>uc</sup>  
 (*Yucca aloifolia* und *Dracaena Draco*). Außer den genannten wurden von Monocotylen untersucht: *Smilax excelsa*, *Roxburghia* (Wurzel) *Asparagus dauricus*, *Lilium bulbiferum*, *Veratrum nigrum*, *Philödendron pertusum*, *Cyperus Papyrus*, *Scirpus lacustris*, *Zea Mais*, *Pandanus odoratissimus* (Wurzel), *Latania borbonica* (Blattstiel), *Strelitzia Augusta*, *Musa superba*, *Calscasia antiquorum*, *Canna indica*, ferner die Wurzel von *Latania borbonica*, *Phoenix leonensis* und *silvestris*, *Astrocaryum mexicanum*, *Areca lutescens*, *Copernicia Moringeana*, *Cocos chilensis*, *Chamaerops excelsa*, *Sabal Blackburnei*, *Phytelephas macrocarpa*, *Carludovica palmata*, *plicata*, *atroviridis* und *Cyclanthus bipartitus*.

Die Siebröhren der

#### Pteridophyten

sind den Untersuchungen S a n c z e w s k y 's zufolge von den Siebröhren der Phanerogamen ausgezeichnet durch ihren Inhalt, das Geschlossenheit der Siebtüpfel und den Mangel des Callus; nur *Pterisaquilina* macht in letzter Beziehung eine Ausnahme. Ich finde in keiner dieser drei Beziehungen einen durchgreifenden Unterschied. Was den Inhalt betrifft, so kommen die kleinen, glänzenden Kügelchen, welche hier überall und zahlreich aufzutreten scheinen, auch bei Monocotylen, wenn auch hier nicht überall in der Größe und Häufigkeit, vor. Callus habe ich überall, wenn auch, wie bei den Marattiaceen und Ophioglossean, nur in geringen Spuren, gefunden und, wie wir weiterhin näher sehen werden, in der-

selben Weise wie bei den Phanerogamen, häufig in Form von die Tüpfelmembran durchsetzenden Stäbchen. Daraus schließe ich, daß die Siebtüpfel wirklich perforirt sind, wenigstens bei den Cyatheaceen, Polypodiaceen, Osmundaceen, Equisetaceen und Lycopodium. Wegen Mangels an Zeit, wie auch an geeigneten Untersuchungsobjecten sind meine Untersuchungen betreffs der Siebröhren der Pteridophyten am wenigsten ausgedehnt. Es kam mir zunächst darauf an den Bau der Siebplatten und ihrer Callusgebilde, wie den Inhalt der Siebröhren an möglichst verschiedenen Repräsentanten der Pteridophyten kennen zu lernen.

Im Allgemeinen zeigen die Siebröhren der Pteridophyten die größte Uebereinstimmung mit denen der Monocotylen, besonders die der Equisetaceen.

Bei *Equiset. arvense* und *silvaticum* sind die etwas verbreiterten Enden der Siebröhren mit einer fast horizontalen Querwand versehen, die sich zu einer Siebplatte ausbildet, während die Längswände zahlreiche kleine, rundliche Siebfelder tragen, deren Calluspolster meist relativ recht dick sind. Die Callusgebilde der Querwand erreichen nur selten die Form eines Belags, meist sind hier nur die Wand durchsetzende Callusstäbe wahrnehmbar (sehr deutlich) an deren Enden gewöhnlich je ein glänzendes Kügelchen gelagert ist. Besonders reich an Callus sind die ~~Protophloem~~<sup>Protophloem</sup>zellen.

Bei den übrigen untersuchten Pteridophyten-Gruppen konnte ein Unterschied zwischen Siebplatten und Siebfeldern nicht constatirt werden. Bei *Isoëtes*



wurde nicht einmal Siebtüpfelung wahrgenommen, wohl aber eine durch Chlzd. wie Anilinblau in der für den Callus charakteristischen Weise sich färbende Substanz in Elementen (des Rhizoms wie der Blätter) die ihrer Stellung nach den Siebröhren entsprechen und von mir früher bereits für Äquivalente der Siebröhren erklärt worden sind.

Bei den Farnen und Lycopodiaceen sind die Siebröhren meist von gestreckt prismatischer Gestalt mit meist allmählig zugespitzten Enden; letztere sind mit viel zahlreicheren und größeren Siebplatten besetzt als die Längswände. Wo die Wand der Siebröhren relativ dick ist, wie bei *Pteris aquil.*, *Alsophila australis*, *Lycopodium chamaecyparissus*, *Marsilia Drummondii*, fällt dieselbe recht steil gegen die Tüpfelfläche ab, wodurch bei dichter Stellung der Siebplatten zwischen diesen relativ hohe leistenartige Erhabenheiten entstehen. Die dickern, zweien Siebröhren gemeinsame Membran läßt mindestens drei Schichten erkennen, bei *Marsilia* fünf Schichten, von denen die mittlere durch Chlzd. anfänglich gelblich bis bräunlich-violett gefärbt wird. Bei den meisten der untersuchten Polypodiaceen sind die Wände der Siebröhren sehr dünn und mit spärlichen, sehr kleinen Siebtüpfeln versehen, so bei *Athyrium filix fem.*; *Aspid. filix mas* und *spinulosum*. Die Callusbildung ist überall relativ sehr gering; am stärksten entwickelt fand ich sie bei *Alsophila australis*, wo es zu deutlichen Polstern kommt, während bei den übrigen, mit Ausnahme der Protophloënzellen, die überall, wenn auch nur kleine aber deutliche Polster

aufweisen, es nur zur Ausbildung von Callusstäben, und eines sehr dünnen Belags (ringförmig um die Enden der Stäbe) gelangt.

An den Enden der Callusstäbe befinden sich in der Regel kleine, glänzende, durch Chl<sub>2</sub>Jdk. sich gelbbraun bis ziemlich dunkelbraun färbende Kügelchen von verschiedener Größe, die auch an tüpfelfreien Stellen der Siebröhrenwand, in zahlreicher Menge dem nie fehlenden Protoplasmanwandbeleg (Hüllschlauch) adhären. In der Fig. 79 auf pag. 189, De Bary a. a. D. sind in den die Tüpfelwand durchsetzenden kleinen Strichen die Callusstäbe ausgedrückt, während die an den Enden der Striche befindlichen Kügelchen, die oben bezeichneten kleinen glänzenden Kugeln darstellen. Die Callusstäbe erscheinen unter Einwirkung des genannten Reagens um ein Erhebliches dicker als die Striche in der angezogenen Abbildung. Daß S a n c z e w s k y hier wie bei den übrigen untersuchten Pterydophiten keine Callusstäbe gesehen, glaube ich mir erklären zu müssen durch die Annahme, daß die von ihm angewandte Chlorzinkjodlösung zu concentrirt, resp. zu wenig freies Jod enthalten. Eine Besprechung der in den Figg. 2 und 3 dargestellten Knötchen in der Mitte der Wand des durchschnittenen Tüpfels würde hier zu weit führen.

Nach langem vergeblichen Bemühen gelang es mir auch bei *Lycopodium* (annotin. et *Chamaecyp.*) die Callusstäbe, und zwar in ausgezeichnete Schönheit, wahrzunehmen, sowohl an Längs- wie Querschnitten. Sehr dicht gestellt trifft man die Callus-

stäbe in der Ausdehnung der zugeschärften Endwände an. Auch durch Anilinblau gelang es mir hier die Anwesenheit der Callusstäbe zu constatiren.

Von den Marattiaceen habe ich bisher nur altes Spiritusmaterial von *Angiopteris erecta* (Blattstiel) untersuchen können. An den Längswänden der weitlichtigen, dünnwandigen, langgestreckten, prismatischen, peripherisch=gelegenen Elementen kommen zahlreiche, sehr große rundlich=ovale Tüpfel vor, auf deren Fläche es mir nicht gelungen ist mit Deutlichkeit Siebtüpfelung wahrzunehmen. Da aber diese großen Tüpfel sich durch Chlzd. schwefelgelb färben (wie die jugendlichen Siebplatten der Coniferen) und hie und da braune Flecke erkennen lassen, die ich für Callusabscheidungen halten möchte, so glaube ich nicht zu irren, wenn ich in diesen Elementen Siebröhren erblicke. Fortgesetzte Untersuchungen an geeigneterem Material sind jedenfalls erforderlich.

Bei den Ophioglossean (Botrych. *Lunaria* und *rutaefolium*) bin ich in Bezug auf die Form der Siebröhren früher \*) getäuscht worden, insofern ich ihnen fast horizontal gestützte Enden zuschrieb mit Callusbelägen. Es sind das die zwischen Xylem und Siebröhren reihenartig über einander stehenden Parenchymzellen, welche an ihren horizontalen Endwänden ungewöhnlich starke, durch Chlzd. sich tief braun färbende Plasmaansammlungen erkennen lassen, welche ich für Callus gehalten: ein, bei dem damaligen Stande unserer Kenntnisse vom Callus verzeihlicher Irrthum.

\*) Vergl. Unterj. p. 118.

Die Siebröhren sind hier wie bei den Polypodiaceen an den Enden allmählig zugespitzt, mit schwer wahrnehmbaren, sehr kleinen, spärlichen Siebtüpfeln versehen, die äußerst dünne Callusbeläge erkennen lassen. Außerordentlich groß aber ist die Zahl jener glänzenden Kügelchen, durch deren Anwesenheit, auch im Querschnitt, die Siebröhren leicht aufzufinden sind.

Diese Siebröhren bleiben trotz des Widerspruches von Fanczewsky \*) „Protophloënzellen“, denn sie sind, wie der Name besagt, die Erstlinge, d. h. die ersten dickwandigen Dauerelemente des Phloëms. Während sonst die Erstlinge, durch enges Lumen ausgezeichnet, außerhalb der später sich ausbildenden, relativ weitlichtigen Siebröhren auftreten, sind die gewöhnlichen Siebröhren eben hier die Erstlinge.

Im Blattstiel von *Ophioglossum vulgatum* bin ich im Parenchym des Grundgewebes auf der Zellwand anliegende kleine rundliche oder halbkugelige Ballen gestoßen, die sowohl gegen Anilinblau wie Ghlyk. ebenso wie Callus reagierten. Diese Erscheinung wurde nur an einem Individuum beobachtet. Ob die fraglichen Ballen wirklich aus Callussubstanz bestanden, möchte ich unentschieden lassen.

Fassen wir zum Schluß das über Bau und Entwicklung der Siebröhren in Vorstehendem Mitgetheilte kurz zusammen, so tritt uns im Großen und Ganzen in der Bildung der genannten Elemente bei sämtlichen untersuchten Leitbündelpflanzen eine überraschende Einheit entgegen, die vor Allem

\*) a. a. O. p. 231.

ihren Ausdruck in der Gegenwart des Callus findet. Die Siebtüpfelung kann, wie es scheint (bei Isoëtes und vielleicht auch Marattiaceen) fehlen und ist nicht auf die Siebröhre beschränkt, da sie auch dem Bastparenchym der secundären Rinde zukommt. Ob die Siebtüpfel (der Platten wie namentlich der Felder) stets perforirt sind, ist in zahlreichen Fällen nicht mit Sicherheit zu entscheiden. Wo die Siebplatte von Callusstäben, resp. Callusstiften oder gar Schleimfäden durchsetzt ist, kann kein Zweifel an einer wirklichen Durchbohrung bestehen. Die bloße Gegenwart des Callus, als Beleg einer Siebplatte, ist nicht entscheidend für die Perforation, da der Callus sicher vor der Perforation der Wand auftritt und bei den Coniferen die Siebtüpfel, welche zwischen Siebröhren und Baststrahlzellen auftreten, nur nach der Siebröhrenseite hin mit Callusstäben erfüllt sind, nach der <sup>Merk</sup>strahlseite hin geschlossen sind und keine Spur von Callus erkennen lassen. Das erste Auftreten, die weitere Ausbildung und Anhäufung, wie das schließliche Schwinden des Callus widerspricht der Annahme, es bilde sich der Callus durch Metamorphose der Cellulosemembran, aufs Entschiedenste; vielmehr stehen alle beobachteten Thatsachen im besten Einklange mit der Annahme, es werde der Callus durch den specifischen Lebensproceß der Siebröhren vom Inhalte ausgeschieden (ob als unbrauchbare Substanz sei dahingestellt) und dort, wo der Uebertritt der den Siebröhren specifischen Substanzen aus einem Gliede in das benachbarte statt hat, an den Siebplatten, resp. Siebfeldern abgelagert. Je länger

und ergiebiger dieser Uebertritt statt hat, um so mehr häuft sich der Callus an (wenigstens in den Siebröhren der offenen Leitbündel) bis er nach Destruction seiner Stiftnasse Unwegsamkeit der Siebtüpfel herbeiführt und damit der Function der Siebröhren ein Ende setzt. So lange die Callusstifte erhalten bleiben findet wahrscheinlich Communication statt, wenigstens kann diese hergestellt werden durch das Auftreten von Schleimfäden (Verbindungssträngen).

Da bei den Gymnospermen und Pteridophyten zu keiner Zeit die Callusstäbe durchziehende Schleimfäden beobachtet worden, ebenso wenig bei der Mehrzahl der Monocotylen und Dicotylen, während doch hier überall sicher eine Communication zwischen benachbarten, durch Callusbildung verbundenen Gliedern statt hat, so halte ich es für mehr als wahrscheinlich, daß überall wo Callusstäbe oder Calluspolster durchziehende „Stifte“ vorhanden sind, die specifische Function der Siebröhren nicht unterbrochen ist.

Im Hinblick auf die große Zahl von Gewächsen, deren Siebplatten im Winter wie im Sommer von Schleimfäden durchsetzt sind, und solcher bei denen zu keiner Zeit Schleimfäden nachweisbar, muß die Ansicht, als bestehe die Function des Callus darin die Siebplatten zur Zeit der Vegetationsruhe zu verstopfen, durchaus aufgegeben werden.

Die Erscheinung, daß in den Siebröhren der geschlossenen Leitbündel, namentlich in Theilen von langer Lebensdauer, sehr viel weniger Callus abgechieden wird, als in denen der offenen, durch ein Cambium nachwachsenden Leitbündel, ist wohl mit

einer Verschiedenheit des Inhalts wie mit der Functionsdauer in Verbindung zu bringen. Während bei den Gymnospermen und Dicotylen die Thätigkeit der Siebröhren sich selten über zwei Jahre hinausstreckt, dauert sie bei den Monocotylen und Pteridophyten so lange an, als der Theil, in welchem sich die Siebröhren finden, lebt. Der Stamm der *Alsophila*, welchen ich zu untersuchen Gelegenheit fand, hatte mindestens ein Alter von 20 Jahren; am Grunde des Stammes erwiesen sich noch sämtliche Siebröhren lebensthätig, welche letztere gegen 20 Jahre functionirt haben müssen. Die Callusbeläge waren hier zwar mächtiger als bei irgend einem der übrigen untersuchten Farn, doch im Vergleich mit den Callusbelägen in den Siebröhren der Dicotylen und Gymnospermen, gering. Von Monocotylen habe ich einen etwa 15-jährigen Stamm einer *Yucca aloifolia* und mindestens 20-jährigen Stamm von *Dracaena Draco* untersucht. Bei ersterem Gewächs waren die Siebröhren sämtlicher Leitbündel, auch der innersten thätig und wiesen die Siebplatten überall Callusbeläge auf, doch waren die der ältesten Siebröhren nicht stärker als die der jüngeren und jüngsten. Bei *Dracaena* war die Callusbildung überhaupt eine äußerst geringe und ein großer Theil der älteren und ältesten Siebröhren frei von Callus. (Das betreffende Exemplar kränkelte seit einem Jahr und war bereits im Absterben begriffen).

Die Bedeutung eines Reservestoffes hat der Callus jedenfalls nicht, da er nicht selten bei Gymnospermen und Dicotylen in den abgestorbenen

Siebröhren jahrelang unverändert persistirt, und in den herbstlichen, abgefallenen Blättern wie in den im Herbst absterbenden oberirdischen Sprossen der Staudengewächse in unveränderter Menge angetroffen wird. Diesem Verhalten zufolge macht der Callus den Eindruck eines *S e c r e t s*, zu welcher Auffassung uns auch die Entwicklungsgeschichte geführt.

Gegen diese Auffassung läßt sich, glaube ich, nicht der Umstand geltend machen, daß die Substanz des Callus zuweilen eine deutliche Structur aufweist, so eine Schichtung bei *Vitis* (von Wilhelm bereits beschrieben und abgebildet) und bei *Populus tremula*, ferner eine radiale Streifung, die man in der Aufsicht an den einzelnen Calluswarzen der Siebplatten von *Fraxinus excelsior* wahrnimmt, oder die strahlige, sphärokrystallähnliche Zusammensetzung der Calluspolster von *Abies Pichta*.

In welche Gruppe der organischen Verbindungen die Callussubstanz zu stellen sei, darüber können wir zur Zeit noch gar keine Entscheidung treffen. In dem Verhalten gegen Jodpräparate und Anilinblau stimmt der Callus am nächsten überein mit protein- oder eiweißhaltigen Substanzen, namentlich mit dem Zellkern, während die festen Kohlehydrate, wie Cellulose und Stärke sich ganz anders verhalten, auch die verschleimten oder gelatinösen Zellhäute weichen in ihrem Verhalten gegen die genannten Reagentien durchaus ab.

In Bezug auf den Inhalt findet Uebereinstimmung sämmtlicher Siebröhren statt hinsichtlich des „Hüllschlauches“ und der wässrigen Flüssigkeit. Der



Schleim, wohl nur ein körnchenfreies Plasma, kommt in größerer Menge nur bei Dicotylen vor, während in den geschlossenen Leitbündeln der Monocotylen wie Pteridophyten Schleimstränge nie, geringe Schleimansammlungen nur bei wenigen Monocotylen beobachtet wurden. Dagegen sind die Siebröhren der beiden letztgenannten Abtheilungen des Gewächsreiches, die der Pteridophyten stets, ausgezeichnet durch das reichliche Vorkommen kleinerer und größerer glänzender Kügelchen, die jedenfalls proteinhaltig sind. Auch in den geschlossenen Leitbündeln von *Hippuris vulgaris* wurden jene Kügelchen beobachtet. Was endlich die Stärke betrifft, so wird dieselbe in den Siebröhren der offenen Leitbündel nur sehr selten vermischt, dagegen in denen der geschlossenen nur sehr selten angetroffen. Ueberall wurde der Durchmesser der Stärkekörner stets größer gefunden als der Querdurchmesser der von Callus ausgekleideten Siebkanäle, woher ein Durchtritt der Körner durch die Siebporen während der Functionsdauer unmöglich ist. Die violett-rothe bis ziegelrothe Färbung der Stärkekörner nach Anwendung von Jodpräparaten deutet auf die Anwesenheit von Fermenten in dem Siebröhreninhalt.

---

Est A-16315

TÜ RAAMATUKOGU



1 0300 00761456 5

3.27  
257  

---

80