

# Die neuere Theorie über die feinere Structur der Zellhülle, betrachtet an der Hand der Thatsachen

von

Prof. Dr. Leopold Dippel.

## III. Die Structur der sog. „Mittellamelle“.

Mit 7 Tafeln.

Bekanntlich beobachtet man an hinreichend dünnen, durch irgend ein aus verdickten Zellen bestehendes Gewebe geführten Querschnitten ein bald mehr (*Pinus, Quercus, Fagus, Vitis* u. s. w.), bald minder (Collenchym, horniges Samenfleisch u. s. w.), scharf ausgeprägtes, zartes Netzwerk, welches sich von der nach innen mit einer gleichfalls stärker lichtbrechenden Lamelle abschliessenden, innerhalb seiner Maschen gelegenen, secundären Verdickungsmasse durch besonders hervorragendes Lichtbrechungsvermögen unterscheidet. Dieses Netzwerk wurde von Unger, v. Mohl, Schleiden, Schacht u. A. als das Netzwerk der primären, durch eine homogene Zwischenmasse, die Intercellularsubstanz mit einander verkitteten Zellwände angesehen und ihm somit ein zusammengesetzter Bau zugeschrieben. Nägeli, Hofmeister, Sachs und deren Schüler lassen dasselbe, ihre »Mittellamelle«, aus den bis zu einer ansehnlichen Dicke in ihrem ganzen Ausmaasse homogen gebliebenen Zellwänden durch Differenzirung hervorgehen und bezeichnen es als einfach und aller inneren Structur entbehrend. Für die Ansicht der zuletzt genannten Botaniker über die Entstehung des fraglichen Netzwerkes (»Mittellamelle«) ist auch nicht eine einzige der Entwicklungsgeschichte entnommene, begründende Thatsache vorgebracht, dieselbe ist vielmehr ohne die Natur zu befragen, aus hypothetischen Prämissen abgeleitet und ohne Bedenken als unumstössliches Dogma vorgetragen worden. Immer und immer wieder und zwar unter Todschweigen entgegenstehender Ansichten mit der grössten Bestimmtheit wiederholt, hat sie das Ansehen einer vollbegründeten Thatsache angenommen und wird um so eifriger weiter verbreitet, als dieselbe bei der Verwendung von mittelmässigen, die Structur und Entwicklung nur undeutlich und verschwommen wiedergebenden, jede mögliche und gewünschte Deutung zulassenden Präparaten unter Zuhilfenahme eines gewissen Vorrathes von Redewendungen abgethan werden kann und man sich dabei nicht der Gefahr aussetzt, mit der herrschenden Schule in unliebsamen Widerspruch zu gerathen. Dass dieselbe mit der Entwicklungsgeschichte nicht übereinstimmt, dass vielmehr die »Mittellamelle«, wie schon die zu-

erst genannten Forscher angenommen hatten, in der That theilweise aus den vor Eintritt der Verdickung entstandenen und individualisirten primären Zellhüllen besteht, ist bereits von Dr. Sanio (Pringsheims Jahrbücher Band IX, S. 69 u. f.) und zwar auf Grund des Studiums der Entwicklungsgeschichte ausgesprochen und von mir in der vorhergehenden Abhandlung — ebenfalls an der Hand der Entwicklungsgeschichte — eingehend dargelegt worden. Wir können daher diese Frage hier als entschieden betrachten und wollen nur noch einige Worte darüber anfügen, wie sich die entwicklungsgeschichtlichen Thatsachen gemäss der Nägeli-Hofmeister'schen Hypothese den in No. II veröffentlichten Beobachtungsergebnissen gegenüber verhalten müssten. Die Differenzirung in den sich durch Intussusception fortwährend verdickenden Zellwänden könnte hiernach frühestens erst dann eintreten, wenn dieselben eine Dicke erreicht hätten, welche den fünf Schichten: »Mittellamelle« und beiderseits je eine wasserreiche und eine wasserärmere Schicht, Raum geben würde. Von dem Cambium ab, müssten demgemäss, so lange diese Dicke nicht erreicht ist, verschieden dicke vollständig homogene Zellhüllen beobachtet werden. Aber bei starkverdickten ausser der »Mittellamelle« nur je eine wasserreiche und wasserarme Schicht der Zellen zeigenden Geweben liegt die Sache nicht einmal so. Hier könnte, da die Hypothese für jede andere Gestaltung keinen Raum bietet, die Differenzirung erst nach Abschluss des Dickenwachsthumes eintreten. Ein durch das sich entwickelnde Herbsth Holz der Kiefer geführter Querschnitt müsste demgemäss ein Bild darbieten, wie das in Figur 1 dargestellte. Dass aber ein einigermaassen gelungener Querschnitt keine solche Ansicht gewährt, davon kann sich Jeder überzeugen, der die nöthige Zeit auf die Anfertigung verwenden will. Das beweisen ferner die betreffenden Figuren Dr. Sanio's, die allerdings eine geraume Strecke weit nur eine sich verdickende weiche Schicht innerhalb des stärker brechenden Netzwerkes der primären Wände vorführen und insofern dem wirklichen Thatbestande nicht ganz entsprechen. Es thun dies namentlich meine Figuren 26 bis 31 der vorhergehenden Abhandlung dar, welche genau nach der Natur entworfen sind und deren Verification jeden Augenblick, wie von Jedem, der den redlichen Willen dazu hat und sich den Thatsachen nicht absichtlich verschliessen will, an der Hand meiner Präparate vorgenommen werden kann. An dicken Schnitten kann man freilich nichts, aber ebensogut auch Alles das sehen, was man sehen will und sie geben nicht einmal Veranlassung sich die Frage vorzulegen, wie sich denn der Uebergang der differenzirten in die noch homogenen Zellwände vollzieht, was bei Betrachtung der Fig. 1 etwas räthselhaft erscheint. Schon dieser Umstand beweist, dass die Begründer der Differenzirungshypothese ihren Gedanken nicht einmal ausgedacht haben, sonst würden sie dabei doch wohl einem Stein des Anstosses begegnet sein.

Die Lehre von der Homogenität der »Mittellamelle« wurde im Einklang mit den Ansichten von Treviranus und Meyen von Wigand in die Wissenschaft eingeführt, indem er dieselbe als das Verschmelzungsproduct der primären Zellhüllen darstellte (Intercellularsubstanz u. Cuticula 1850 und Botanische Untersuchungen 1854). Sie wurde dann von Schacht (Lehrbuch der Anatomie und Physiologie, S. 108 u. f.; Das Mikroskop 3. Aufl. S. 115 u. f.) und mir (Die Intercellularsubstanz und deren Entstehung 1867; Das Mikroskop Bd. II S. 99 u. f. 1869) auf das entschiedenste bestritten und durch Klarstellung des wirklichen Thatbestandes widerlegt. Bei Nägeli, Hofmeister und Sachs — denn Sanio hat in neuester Zeit die kurz vorher (Pringsheims Jahrbücher Bd. IX S. 68) behauptete Einfachheit in Folge meiner Einwände (Flora 1874 No. 17 und 1875 No. 11) wieder aufgegeben und Andere schreiben und sprechen dem Genannten nach, ohne auch nur den Versuch gemacht zu haben, sich von den natürlichen Thatsachen in irgend einer Weise selbst überzeugen zu wollen — bildet die Lehre der Homogenität — freilich in anderem, als dem Wigand'schen Sinne — eine nothwendige Consequenz ihrer Ansichten über die Zelltheilung und das Wachstum der Zellhülle. Sie ist von ihnen mehr erschlossen als beobachtet, denn Thatsachen zu deren Begründung wurden ebensowenig beigebracht, als es für die Differenzirungshypothese geschah. Was als solche in den betreffenden Figuren bei Hofmeister und Sachs dienen soll, kann für die Entscheidung nicht ins Gewicht fallen, da diese Figuren Schnitten durch fertige Gewebe entnommen sind und nicht einmal auch nur der Versuch gemacht ist, die feinere Structur der »Mittellamelle« durch Anwendung optischer und chemischer Hülfsmittel der Beobachtung zu ermitteln.

Nägeli spricht sich nur gelegentlich und nicht ganz bestimmt über die »Mittellamelle« aus, weit entschiedener geschieht dies von den beiden andern oben genannten Forschern.

Hofmeister sagt auf Seite 260 des 1. Bandes seines Handbuches der physiologischen Botanik: »Wo neu entstandene, jugendliche Zellmembranen sich gegenseitig dicht berühren, da verschmilzt die gleichartige Substanz derselben zu einer homogenen Platte. Die Verbindung ist eine so innige, dass sie durch mechanische Mittel nicht aufgehoben werden kann.« Dann auf Seite 261 oben: »Kein optisches Hülfsmittel, kein chemisches Reagenz vermag eine Zusammensetzung dieser Membran (der besprochenen Mittellamelle) aus zwei besonderen Platten nachzuweisen.«

In dem Lehrbuche von Sachs § 13 heisst es: »Die Mittellamelle\*) ist bei verholzten Geweben meist dünn, aber stark lichtbrechend und von dichter, nicht quellungsfähiger Substanz;

---

\*) Dass die Mittellamelle als einfach betrachtet wird, geht aus verschiedenen Stellen des § 13 hervor.

»Durch Auflösung der übrigen Zellhautsubstanz in concentrirter Schwefelsäure bleibt sie (an feinen Querschnitten) als ein zartes Netzwerk zurück; werden dagegen die Zellen durch Kochen in Kali oder in Salpetersäure isolirt, so geschieht es durch Auflösung jener gegen Schwefelsäure resistenten Mittellamelle, während hier die übrige Zellhautmasse erhalten bleibt (so bei allen Holzzellen und sehr vielen Bastzellen).«\*)

Entgegenstehende Ansichten werden von den Vertretern der Homogenität der Mittellamelle nur im Vorbeigehen und in absprechender Weise als abgethan erwähnt, oder ganz todgeschwiegen. Und so geschieht es denn, dass weiten Kreisen alle und jede Veranlassung zur thatsächlichen Prüfung benommen bleibt.

Stellen wir die oben verzeichneten Aussprüche den Thatsachen gegenüber, so wird sich ergeben müssen, inwieweit dieselben berechtigt sind oder nicht.

Betrachtet man einen hinreichend dünnen Querschnitt eines Gewebes mit deutlich und scharf ausgeprägtem Netzwerke der primären Zellhüllen oder, wenn man so will, der »Mittellamelle«, so wird man je nach Umständen ein verschiedenes Verhalten beobachten. Im allgemeinen erscheint das fragliche Netzwerk bei der gewöhnlichen Beobachtungsweise als ein vollständig einfaches und nur da, wo drei oder mehr benachbarte Zellen in einer Ecke zusammenstossen, finden sich an Stelle der sonst etwa vorhandenen Intercellularräume (*Clematis* u. s. w.) drei- bis mehrseitige homogene, nicht wieder von Linien durchschnittene (Wigand) Zwickel einer Substanz von etwas abweichendem Lichtbrechungsvermögen. (Fig. 2). Es scheint somit in diesem Verhalten, (sobald man eben, wie es die oben genannten Forscher gethan zu haben scheinen, von einer abgeänderten Beobachtungsweise absieht) ein Beweis für die Einfachheit der sogenannten Mittellamelle vorzuliegen. In andern nicht wenig zahlreichen Fällen dagegen und zwar bei Objecten derselben Art, so z. B. bei manchen Querschnitten durch den Bast- und Holzkörper der Laub- und Nadelhölzer, die Bündel bastfaserartiger Zellen der Kiefernadeln, das Markparenchym der Waldrebe u. s. w., gewinnt man ganz abweichende Ansichten der Structur. Hier wird das Netzwerk der primären Zellhüllen und zwar genau in der Mitte von einem mit den oben beschriebenen Zwickeln in Verbindung stehenden, nicht aber diese Zwickel durchschneidenden, äusserst zarten, oft in Form einer einfachen Linie auftretenden Maschenwerk durchsetzt, welches sich durch abweichende Lichtbrechung kenntlich macht (Fig. 2 rechts). Es wird somit durch dieses Verhalten,

---

\*) Nach Wigand sollen merkwürdiger Weise nach dem Kochen mit Salpetersäure die Mittellamelle, d. h. die primären Wände, als zusammenhängendes Netz übrig bleiben, während sich die übrige Zellhautmasse (= secundären Wände) auflöse. (Siehe Entwicklungssubstanz S. 34 unten).

welches indessen nur an sehr dünnen, genau senkrecht zur Längsachse der Zellen geführten Querschnitten erkennbar, an dickeren Schnitten aber leicht zu übersehen ist, sofort und auf das bestimmteste die Zusammensetzung der »Mittellamelle« aus zwei äusseren, gleich stark lichtbrechenden und einer mittleren, abweichend brechenden Platten nachgewiesen. Ausserdem leitet dasselbe zu dem Schlusse, dass auch da, wo diese Structur unter den gewöhnlichen Beleuchtungsverhältnissen nicht wahrnehmbar ist, dieselbe doch vorhanden sein dürfte und dass es bei dem thatsächlich nur geringen Unterschiede in dem Lichtbrechungsvermögen beider Elemente bloss an der kleinen Dickenausmessung der mittleren Platte liege, wenn das Mikroskop, dessen Unterscheidungsvermögen bekanntlich an bestimmte, nicht überschreitbare Grenzen in dem Ausmaasse der Structur gebunden ist, dieselbe nicht nachweist.

Dass dieser Schluss in der That berechtigt ist, dass die »Mittellamelle« auch in den Fällen, wo sie sich bei gewöhnlicher Beobachtungsweise als scheinbar einfach darstellt, die beschriebene Zusammensetzung besitzt, tritt auf das klarste in die Erscheinung, wenn man hinreichend dünne Querschnitte unter dem Einflusse polarisirten Lichtes der Beobachtung unterwirft. Schon 1861 habe ich auf der Naturforscher-Versammlung in Speier auf diese Beobachtungsweise hingewiesen und seitdem mehrfach die Resultate derselben als Beweismittel für meine Auffassung vorgelegt (Die Intercellularsubstanz und deren Entstehung, S. 21, Taf. I. Fig. 29; Das Mikroskop etc. II. Bd. S. 323, Fig. 155). Hätte man sich von anderer Seite, statt auf hypothetischen Prämissen weiter zu bauen, unter Verwendung geeigneter Präparate, welche allein im Stande sind den Sachverhalt aufzuklären, zu dieser Beobachtungsweise bequemen und dadurch die bei gewöhnlicher Beleuchtung gewonnenen mikroskopischen Bilder feinerer optischer Analyse unterwerfen wollen, so würde das herrschende Dogma von der Einfachheit der »Mittellamelle« doch wohl einigermassen erschüttert worden sein.

Orientirt man einen dünnen Querschnitt eines Laub- oder Nadelholzes, überhaupt eines Gewebes mit deutlich ausgesprochener »Mittellamelle« bei gekreuzten Nicols, also bei verdunkeltem Gesichtsfelde derart, dass, je nach der Zellform, sämtliche oder einzelne Theile des Netzwerkes unter Winkeln von  $45^{\circ}$  oder nahezu  $45^{\circ}$  die Polarisations Ebenen schneiden, so gewinnt man das in der Figur 3 dargestellte Bild. Man sieht hierin überall die bei gewöhnlicher Beleuchtung stark lichtbrechenden primären Zellhüllen mit hohem Glanze aufleuchten, dabei aber von einem kaum zu übersehenden, mit den dunklen Intercellularzwickeln in Verbindung stehenden, nicht leuchtenden Netzwerke durchschnitten, welches in seinen Breitenmessungen bei verschiedenen Objecten in dem Maasse wechselt, als die mittlere Platte der »Mittellamelle« in mehr oder minder beträchtlicher Mächtigkeit entwickelt ist. Dieses Verhalten,

welches allerdings an nicht hinreichend dünnen Schnitten verdunkelt oder verdeckt wird, in Folge dessen ganz und gar übersehen und als nicht in die Erscheinung tretend dargestellt, keineswegs aber durch ein solches auf unzureichender Präparation beruhendes, sicheren Beobachtungen gegenüberstehendes negatives Resultat aus der Welt geschafft werden kann, berechtigt doch wohl unzweifelhaft zu dem Schlusse, dass wir es in der »Mittellamelle« nicht mit einer einfachen, »durch kein optisches Hilfsmittel« zerlegbaren »Membran«, sondern mit einem in der oben beschriebenen Weise zusammengesetzten Gebilde zu thun haben. Dass in dem, im polarisirten Lichte nicht leuchtenden, also gar nicht oder doch nur äusserst schwach doppelt brechenden, zartlinigen Maschenwerk nicht etwa die ganze Mittellamelle im Sinne von Nägeli, Hofmeister, Sachs u. A. vorliegt, das werden selbst diese Forscher nicht behaupten wollen, wenn sie sich erst einmal ein gutes Polarisationsbild vor Augen geführt haben. Es beweisen das auch auf das entschiedenste die in Betracht kommenden Ausmessungen. Die Gesamtbreite der Stäbe (wenn ich mich so ausdrücken darf) des leuchtenden, das dunkle Maschenwerk in sich aufnehmenden Netzwerkes entspricht hier nämlich vollkommen derjenigen, welche unter gewöhnlicher Beleuchtung der »Mittellamelle« zukommt, während die dunklen Streifen eine weit geringere Breite besitzen. Ebensowenig aber wird man annehmen wollen, dass das dunkle Maschenwerk der Ausdruck der »idealen« nicht existirenden Grenzlinien der verschmolzenen Zellhüllen, also ein Nebelgebilde sei.

Will man sich noch eingehender von dem optischen Verhalten der Theilstücke der »Mittellamelle« überzeugen, so bedarf es nur der Anwendung verzögernder Gypsblättchen, um auch hierbei sofort und scharf den Unterschied in der Art der Lichtbrechung zwischen den beiden primären Zellhüllplatten und der Mittelplatte festzustellen. Die ersteren zeigen unter diesen Bedingungen je nach ihrer Stellung in den Quadranten von  $+$  oder  $- 45^{\circ}$  die der Schnittstärke entsprechenden Additions- oder Subtractionsfarben, während die letztere die Farbe des Gesichtsfeldes wiedergibt.

In allen zu den vorstehenden Beobachtungen verwendbaren Geweben trifft man hie und da auf Präparate, in denen an einzelnen Stellen eine Trennung der »Mittellamelle« in zwei Platten eingetreten und die mittlere Theilplatte ganz oder theilweise verschwunden ist. Hier entspricht die Trennungsspalte ihrer Lage und Ausmessung nach genau dem Verlaufe der entweder schon bei gewöhnlicher Beleuchtung oder bei polarisirtem Lichte beobachteten mittleren Platte (Fig. 4). Dass diese Spaltung in Folge von Spannungen in der Zellwand erfolgt sei, wie von Hofmeister und Sachs mehrfach behauptet wird, erscheint unsomehr zweifelhaft, als damit das Verschwinden der mittleren Theilplatte nicht erklärt werden kann. Dann erscheint es etwas

wunderbar, dass die gedachten Spannungen, deren Vorhandensein, wenn sie als Erklärungsgrund dienen sollen, doch zunächst nachgewiesen werden müsste, sich dem Dogma anbequemend gerade in der Mittellinie der »Mittellamelle« geltend machen sollten. Eine Erklärung der nach der Homogenitätslehre anders unerklärbaren Trennung musste indessen versucht werden und da wählte man denn lieber den Erklärungsgrund, der die meiste Dehnbarkeit besass, als dass man die andererseits festgestellten Thatsachen gelten und damit das liebgewordene Dogma fallen liess. Der Beweis, welcher für die Entstehung der kleineren Intercellularräume durch solche Spannungen von Sachs an einer Schnittpartie des Grundgewebes von *Zea Mays* (Lehrbuch 3. Auflage S. 73) zu führen versucht wird, ist ebensowenig stichhaltig, wie die versuchte Erklärung der eben besprochenen Trennung der Gewebepplatten. Erstlich lässt sich eine spätere Entstehung oder vielmehr Vergrösserung recht wohl auch unter Annahme der zusammengesetzten Structur der »Mittellamelle« und, wie ich meine, durch das Wachsthum der Zellhüllen noch leichter und einfacher erklären. Dann aber habe ich Querschnitte durch jüngere und ältere Entwicklungszustände des Grundgewebes der genannten und anderer Pflanzen vor mir, in denen das jüngere Gewebe weit grössere, meist abgerundete Intercellulargänge besitzt, während dieselben bei dem älteren, entgegen den Angaben von Prof. Sachs, kleiner werden. Die Sache liegt hier für die oben angeführten Fälle der Trennung ganz einfach so: Die mittlere Theilplatte (ob man dieselbe Intercellularsubstanz oder anders nennen will, ist hier gleichgültig), welche, wie in dem weiteren Verlaufe dieser Abhandlung nachgewiesen werden wird, eine von der Zellhüllsubstanz verschiedene chemische Zusammensetzung besitzt, ist durch natürliche chemisch wirkende Einflüsse hinweggelöst und dadurch die Trennung des Netzwerkes herbeigeführt worden. Dass hierbei nicht etwa die Mittellamelle in ihrer ganzen Ausdehnung von der Lösung ergriffen, wie vielleicht dem Obigen (S. 128) gemäss eingewendet werden könnte, davon überzeugt jeder Vergleich der getrennten mit den daneben liegenden in Zusammenhang verbliebenen Zellen. Das unverletzte Netzwerk der letzteren ist bei den ersteren genau in zwei gleich stark lichtbrechende Platten gespalten, nicht aber, wie es bei der unterstellten Annahme der Fall sein müsste, zwischen den minder stark lichtbrechenden secundären Verdickungsmassen verschwunden.

Die Behauptung, welche von Prof. Sachs (Lehrbuch S. 73) aufgestellt wird, dass die dünne, ganz homogene Zellstofflamelle, welche die jungen Zellen begrenzt, niemals eine Sonderung in zwei Lamellen erkennen lasse, dass die Grenze zweier (jungen?) Zellen niemals durch eine die Scheidewand halbirende Spalte angedeutet sei, lässt sich un schwer widerlegen. Man braucht nur einen Schnitt durch ein eben aus dem Cambium hervorgegangenes Gewebe, dessen primäre Wände schon entwickelt sind, zu betrachten, um zu erkennen wie in allen

Fällen die später anscheinend einfache Mittellamelle in radialer Richtung aus zwei getrennten Platten hervorgeht. Dass aber diese Platten gerade in der Jugend nicht allein in radialer Richtung, sondern allseitig vorhanden sind, davon überzeugt man sich, wenn man sich nicht mit der Betrachtung eines oder weniger Präparate begnügt, sondern nach evidenten Beweisen für aufgestellte Behauptungen sucht. In Fig. 5 ist z. B. ein Querschnitt durch das Cambium und das eben aus diesem hervorgegangene junge Holz der Kiefer dargestellt, an welchem die Zusammensetzung der »Mittellamelle« auch in peripherischer Richtung aus zwei primären Zellhüllplatten und zwar recht wohl und deutlich erkannt werden kann. Ich glaube, dass man wohl von solchen Zuständen aus nach Analogie auf diejenigen schliessen darf, wo das Aneinanderschliessen der Primärwände schon im ersten Entwicklungsstadium eintritt und der Vorgang sich dem Beobachter entzieht.

Prüfen wir nun das Verhalten der »Mittellamelle« gegen chemische Reagenzien, so werden sich ganz andere Resultate ergeben, als diejenigen sind, welche von Seiten der Vertreter des Homogenitätsdogmas nach den oben citirten Aussprüchen in die Oeffentlichkeit gelangten.

Was zunächst die Wirkung anlangt, welche die Mazerationsmittel hervorrufen, von denen Sachs in allen Auflagen seines Lehrbuches und ihm nachschreibend einige junge Botaniker in ihren in neuester Zeit erschienenen Lehrbüchern und Grundzügen der Botanik behaupten, dass sie die stark lichtbrechende nicht quellungsfähige »Mittellamelle« im Ganzen lösen, so verhalten sich Kalilauge, Salpetersäure und das Schulz'sche Mazerationsgemisch in Bezug auf das Endresultat wesentlich gleich. Wir können uns daher hier im grossen und ganzen auf die Darlegung derjenigen Erscheinungen beschränken, welche durch das letztgenannte Reagenz hervorgerufen werden. Betrachten wir dieselben zuvörderst in ihrem Endresultate, so wird sich zeigen, wie sehr dasselbe in der Wirklichkeit von demjenigen abweicht, welches durch die von Sachs u. A. behauptete Wirkungsweise gefordert wird. Wenn das genannte chemische Mittel in der von Sachs beschriebenen Weise wirkte, so müsste ein mittelst desselben behandelter Querschnitt aus einem fertigen Gewebe z. B. aus dem Holze der Kiefer nach der Lösung der »Mittellamelle« ein Bild gewähren, wie das schematisch in der Fig. 6 gezeichnete. Die isolirten Zellhüllen könnten dann nur noch aus den von Schacht, Sanio und mir auch neuerdings noch als secundäre Verdickung bezeichneten Theilen der Zellwand bestehen, sie würden folglich auch nur zwei verschieden lichtbrechende Lamellen, die stärker entwickelte, äussere, wasserreichere, weniger lichtbrechende und die innere, den Zellenhohlraum begrenzende, wasserärmere, härtere, stärker lichtbrechende erkennen lassen. Ganz junge Gewebetheile, in denen die Zellen ihre secundäre Verdickung noch nicht gebildet haben, in denen also die noch sehr dünnen Zellhüllen

offenbar der »Mittellamelle« der differenzirten Zellhülle entsprechen, müssten unter der gleichen Annahme ganz und gar gelöst werden. Derartige Bilder gewährt aber kein einziges von hinreichend dünnen, die feinere Structur deutlich zeigenden Querschnitten gewonnenes Mazerationsproduct. Es bleiben vielmehr in den jungen Geweben die primären Zellhüllen immer vollständig erhalten und erscheinen von einander getrennt (Fig. 21);\*) nur die Cambiummutterzellen und diejenigen Tochterzellen, welche noch keine Zellstoffhülle gebildet haben und auf die wir weiter unten näher zurückkommen werden, lösen sich in der Mazerationsflüssigkeit auf. In den Zellen fertiger Gewebe sind immer und überall (natürlich bei den genannten und ähnlichen Objecten, anders bei geschichteten Zellhüllen) drei verschieden brechende Theile der isolirten Zellhüllen auf das schärfste erkennbar. Diese sind eine äussere, stark, eine mittlere minder stark und eine innerste wiederum stark lichtbrechende Lamelle (Fig. 7 u. 19). Dass hier die äussere Lamelle nicht ein durch die Mazeration erst hervorgerufenes Kunstproduct ist, wie dies früher von Sanio (Pringsheims Jahrbücher Bd. IX S. 68) behauptet worden war, sondern dass sie ein Naturproduct der Zelle, d. h. die primäre Zellhülle vorstellt, das habe ich schon in meinen Bemerkungen (Flora 1874 No. 17) nachgewiesen und es hat der genannte Forscher später selbst (Flora 1874 No. 35) seine Ansicht rectificirt.

Um sich auf das sicherste von der nicht vollständigen Lösung der »Mittellamelle«, dagegen von deren Zerlegung in die drei weiter oben beschriebenen Theilstücke zu überzeugen, darf man nur die allmälige Wirkung des Mazerationsgemisches genau verfolgen. Nach wenigstündiger Einwirkung des Reagenzes bei gewöhnlicher Zimmertemperatur tritt die mittlere Theilplatte in Folge geringer Auflockerung ihrer Substanz in ihrem Dickendurchmesser etwas vergrössert und durch eine blassgelbe bis hochgelbe Färbung, welche sie mit den Zwickeln theilt, ausgezeichnet, deutlich von den Primärhüllen des Netzwerkes abgehoben, hervor (Fig. 7, links). Beobachtet man hierauf ein solches Präparat in polarisirtem Lichte, so erblickt man im wesentlichen ein Bild, wie bei dem frischen Querschnitte; nur das mittlere nicht leuchtende Maschenwerk erscheint dem vergrösserten Dickenausmaasse entsprechend breiter, als dort (Fig. 8). Man gewinnt durch dieses Verhalten die entschiedenste Ueberzeugung, dass sich an den primären Zellhüllen nichts geändert hat, dass wir auch hier in den hell aufleuchtenden Theilen der »Mittellamelle« noch ganz dieselben Platten vor uns haben, welche im frischen Schnitt durch den Einfluss des polarisirten Lichtes als in der That durch eine zwischengelagerte, nicht oder

---

\*) Vorzüglich geeignet für diese Beobachtung erweist sich das junge Holz der Weymouthskiefer, bei welcher sich das Sommerholz nur sehr langsam verdickt, so dass ziemlich umfangreiche Reihen nur mit den primären Zellhüllen versehener Zellen zur Anschauung gebracht werden können.

äusserst schwach lichtbrechende Lamelle von einander getrennt nachgewiesen wurden. Länger andauernde Einwirkung des Mazerationsgemisches bewirkt eine noch etwas weiter schreitende Lockerung und dann eine leicht zu erkennende, mehr und mehr fortschreitende Lösung der mittleren Platte (Fig. 7, rechts), von der bei fortdauernder Wirkung nur einzelne, theilweise entfärbte und ein eigenthümlich krümeliges Aussehen zeigende Reste (Fig. 7 u. 16 bei *C*) übrig bleiben, bis schliesslich vollständige Lösung und damit die Trennung der einzelnen Zellen eintritt (Fig. 7 u. 16). Während dieser Vorgänge bleibt, die allmälige Lösung und Wegführung der Verholzungsproducte ausgenommen, das Verhalten der primären Zellhüllen optisch und zwar im gewöhnlichen, wie im polarisirten Lichte das gleiche. Nirgends bemerkt man in dieser Hinsicht auch nur die Spur einer Veränderung der Gesamtzellhülle, welche auf das Entstehen eines Kunstproductes deutete, dessen Auftreten eine Täuschung über den wahren Sachverhalt veranlassen könnte. Alle die Vorgänge, welche bei der eben besprochenen Beobachtungsweise so zu sagen etwas sprungweise in die Erscheinung treten, lassen sich in lückenloser Aufeinanderfolge beobachten, wenn man recht dünne Querschnitte der Einwirkung von Chromsäure aussetzt. Hier macht sich die Wirkung des Reagenzes zuerst in den drei- oder mehrseitigen Zwickeln geltend, indem dieselben höher gelb gefärbt werden, als die Zellhülltheile. Dann sieht man von ihnen aus zarte, ebenfalls hochgelb erscheinende Linien in das vorher homogen erschienene Netzwerk eintreten. Nach und nach werden im weiteren Verlaufe die primären Zellhüllplatten durch die stärkere Lockerung der mittleren Theilplatte noch etwas weiter auseinandergedrängt, bis endlich die völlige Auflösung dieser letzteren erfolgt ist (Fig. 9 *A*, *B* u. *C*).

Aus dem geschilderten Verhalten geht auf das bestimmteste hervor, dass die Angaben der oben genannten Botaniker über die Wirkung der mazerirenden Reagenzien auf die »Mittellamelle« keineswegs den Thatsachen entsprechen, dass sie vielmehr, alle Grundsätze inductiver Naturforschung ausser Acht lassend und ohne dass man sich die Mühe genommen hat, geeignete Präparate der optischen und mikrochemischen Analyse zu unterwerfen und damit die nöthigen Fragen an die Natur zu richten, in rein dogmatischer Weise zum Ausdruck gelangt und verbreitet worden sind.

Wir dürfen Hofmeister gegenüber behaupten: Es gibt wohl chemische Reagenzien, welche die Zusammensetzung der »Mittellamelle« aus drei (nicht zwei) Platten nachzuweisen vermögen. Wir können mit Fug und Recht Sachs entgegen: Nicht die ganze »Mittellamelle« wird durch Kali, Salpetersäure und das Schulz'sche Mazerationsgemisch gelöst, sondern nur ein verhältniss-

mässig geringer Theil derselben, die Mittelplatte (Intercellularsubstanz) wird von diesem Prozesse ergriffen und dadurch jene in die oben näher bezeichneten Bestandtheile zerlegt.

Hier ist es nun wohl auch am Platz auf einen Einwand Sanio's zurückzukommen, der mehrfach sich dahin geäußert hat, dass die von mir als getrennt angesehenen Zellen noch durch ein Bindemittel zusammengehalten würden (womit indessen den oben ausgesprochenen Sätzen kein Eintrag geschieht). Wer je einmal die Wirkungsweise der oben genannten Reagenzien in ihrem ganzen Verlaufe verfolgt hat, der wird wohl meiner Ansicht beipflichten müssen, und das Beweismittel Sanio's kaum als beweiskräftig anerkennen können. Sanio meint, meine mazerirten Querschnitte hätten bei dem Uebertragen aus dem Uhrglas auf den Objectträger in ihre Elemente zerfallen müssen. Ich habe das Uebertragen mit der grössten Sorgfalt und zwar mittelst eines unter die in der Flüssigkeit schwimmenden Schnitte geschobenen dünnen und schmalen Platinspatels vorgenommen und obwohl Theile der Präparate verloren gingen, doch nicht unansehnliche Stücke davon auf den Objectträger gebracht. Dass der Zusammenhang der mazerirten Schnitte, d. h. der isolirten Zellen theilweise bei der vorgenommenen Manipulation nicht aufgehoben wurde, geht meinen physikalischen Kenntnissen gemäss mit ganz natürlichen Dingen zu und beruht einfach auf den Gesetzen der Adhäsion oder vielmehr der Capillarattraction zwischen festen und flüssigen Körpern. Herr Sanio kennt doch gewiss den Schulversuch mit zwei auf Wasser schwimmenden Korkkugelchen. Auch ist es ihm gewiss schon begegnet, dass in einem Wassertropfen suspendirte isolirte Zellen — besonders aus Querschnitten, — welche er mittelst der Nadel zu trennen suchte, sich immer und immer wieder einander näherten, bis es gelang, die Entfernung zwischen denselben so gross zu machen, dass die Anziehung ausser Wirkung gesetzt wurde. Ganz so verhält es sich mit meinen auf den Objectträger übertragenen Schnittstücken. Die stets von benetzender Flüssigkeit umgebenen, nur durch höchst minimale nach Mikromillimetern oder selbst nach Bruchtheilen von Mikromillimetern zu messenden, gewiss als capillar anzusehende Zwischenräume von einander getrennten Zellen wurden eben durch die oben genannte Kraft zusammengehalten. Dass zwischen den wirklich isolirten Zellen keine unsichtbare, verkittende Substanz mehr vorhanden ist, davon habe ich mich durch die Anwendung der Nadel und die Einwirkung färbender Reagenzien (siehe weiter unten!) vollständig überzeugt und ich glaube, es wird sich Jedermann von dieser Thatsache ebenso sicher und ebenso leicht überzeugen können wie ich.

Die Einwirkung der concentrirten Schwefelsäure auf verdickte Gewebezellen wird von Prof. Sachs u. A. so beschrieben, als ob die innerhalb der »Mittellamelle« gelegenen Theile

der Zellhüllen gelöst würden, während jene im Ganzen in Form eines zarten Netzwerkes zurückbleibe. Thatsächlich ist, und das ist ja von Schacht, wie von mir nicht einmal, sondern öfter behauptet worden, dass bei Anwendung des genannten Reagenzes, und zwar auf unverholzte Gewebe ohne weitere Vorbereitung, auf verholzte Gewebe nach vorhergegangener geeigneter chemischer Behandlung, ein zartes Netzwerk ungelöst zurückbleibt, während die übrige Substanzmasse der Gewebe der Lösung verfällt. Aber vergleicht man das Ausmaass des verbliebenen feinen Netzwerkes mit demjenigen der an frischen Schnitten beobachteten oder gar der durch den Einfluss der Schwefelsäure etwas gequollenen »Mittellamelle«, so muss es sofort einleuchten, dass wir es in dem ersteren nicht mit dem Gesamttrest der letzteren zu thun haben. Zur Erläuterung dieses Sachverhaltes mag der Vergleich der beiden Figuren 10 bei *D*, und 11a dienen, von denen die erstere genau dem beobachteten Object entsprechend gezeichnet ist, die andere in schematischer Weise das Netzwerk der angeblich ungelöst bleibenden »Mittellamelle« und zwar in den genauen Maassverhältnissen eines nicht mit Reagenzien behandelten Schnittes darstellt. Um sich von dem thatsächlichen Substanzbestande des Endproductes der Schwefelsäurewirkung zu überzeugen, muss man die letzteren in ihren einzelnen Stadien verfolgen. Am besten eignen sich hierzu feine Querschnitte verholzter Gewebe, welche vorher mittelst des Schulz'schen Mazerationsgemisches bei gewöhnlicher Zimmertemperatur digerirt wurden, bis das Verholzungsproduct der Zellhüllen möglichst herausgelöst, die mittlere Theilplatte der »Mittellamelle« aber noch erhalten geblieben war. An derartigen Präparaten lassen sich je nach der Schnittdicke (natürlich müssen auch hier die dickeren Stellen noch recht dünn sein) und bei einem allmäligen Zutreten des lösenden Reagenzes von dem Rande des Deckglases her, die verschiedenen Stufen der Wirkung häufig dicht neben einander beobachten und gewähren ein lückenloses Bild der letzteren. Fig. 10 stellt einen so gearteten, in der beschriebenen Weise behandelten Querschnitt aus dem Holze der Canarischen Kiefer (*Pinus canariensis*) dar. Bei *A* hat die Wirkung der concentrirten Schwefelsäure eben begonnen: die secundäre Verdickung zeigt in ihren wasserreicheren Theilen bereits eine merkbare Quellung, in ihrer wasserärmeren inneren Lamelle die bekannte Faltung, während in der primären Zellhülle nur eine ganz geringe Quellung wahrnehmbar ist; die vorher in Folge der Einwirkung des Mazerationsmittels gelb gefärbte mittlere Platte des Netzwerkes hat sich jetzt gebräunt, ohne dass ihr Volumen eine Veränderung erfahren hätte. Bei *B* tritt eine etwas merkbarere Quellung der primären Zellhülle, ebenso eine bedeutend verstärkte Lockerung der secundären Verdickung auf und es beginnt augenscheinlich schon die Lösung. Diese steigert sich in allen Theilen nach *C* hin, wo nur die ziemlich stark gelockerte primäre Zellhülle noch vorhanden,

die secundäre Verdickung aber bereits gelöst erscheint. Endlich geht auch diese nach und nach in Lösung über (zwischen *C* und *D*) und es bleibt dann bei *D* das braungelb bis braun gefärbte Maschenwerk der mittleren Platte des primären Netzwerkes zurück. Dieses zarte Maschenwerk hat während des ganzen Verlaufes der Schwefelsäurewirkung keine Maassveränderung erfahren und wird, wie man sich leicht durch Messung überzeugen kann, in seiner Breitenmessung von derjenigen des ursprünglichen Netzwerkes der gesammten Mittellamelle weit hinter sich gelassen. Selbst da, wo durch die vorhergehende Einwirkung des Mazerationsgemisches nur Theile des mittleren Maschenwerkes erhalten geblieben waren, widerstehen auch diese Reste der Lösung durch concentrirte Schwefelsäure. Auch bei den hier in Frage kommenden Präparaten liefert die Anwendung des polarisirten Lichtes recht instructive Bilder. Vom Beginn der Wirkung an und solange noch eine Spur der primären Zellhüllen bei gewöhnlicher Beleuchtung als nicht gelöst zu entdecken ist, geben sich dieselben, während die mittlere Theilplatte wie früher ohne Einwirkung verbleibt, durch mehr oder minder hohes Aufglänzen in dem dunkeln, oder durch entsprechende Färbung des in Folge Einschiebens eines Gypsplättchens gleichmässig rothen Gesichtsfeldes zu erkennen. Erst wenn die vollständige Lösung erfolgt ist, bleibt das Gesichtsfeld unverändert und das feine Netzwerk der Mittelplatte wird in demselben nicht sichtbar gemacht.

Dieses Verhalten beweist, dass die Angaben von Prof. Sachs u. A. über die Schwefelsäurewirkung nur deren eigenem Gedankenlaufe entsprosst, nicht aber aus beobachteten Thatsachen abgeleitet sind, dass vielmehr die »Mittellamelle« nicht im ganzen sondern nur die mittlere der in dem Vorausgehenden nachgewiesenen Theilplatten (»Intercellulärsubstanz«) in concentrirter Schwefelsäure unlösbar ist.

In dem Vorausgehenden hatten wir es wesentlich nur mit dem Nachweise zu thun, dass die Mittellamelle im Sinn von Nägeli, Hofmeister, Sachs u. A. nicht existire. Es war darin der Beweis zu erbringen dafür, dass die von Schacht und mir schon früher behaupteten, durch sorgfältige und eingehende Beobachtungen gestützten, von mir dann neuerlich in No. 17 der Flora von 1874 wieder auf das bestimmteste in Worte gefassten Thatsachen, dass nämlich die »Mittellamelle« in ihrer ganzen Masse weder in den Mazerationsmitteln löslich, noch in concentrirter Schwefelsäure unlöslich, dass sie ferner nicht einfach, sondern aus drei Theilen: einer mittleren nicht spaltbaren, den benachbarten Zellen gemeinschaftlichen, in den Mazerationsflüssigkeiten löslichen (von Schacht und mir Intercellulärsubstanz genannten) Platte und den beiden primären in den genannten Reagenzien nicht, dagegen gleich den übrigen Zellhülltheilen

in concentrirter Schwefelsäure löslichen Zellhüllen der Nachbarzellen zusammengesetzt sei, in der Natur auf das unzweifelhafteste begründet seien. Dass die mittlere Platte von den beiden andern Theilstücken der »Mittellamelle« molecular wie chemisch verschieden sei, wird zwar durch das geschilderte optische und chemische Verhalten schon dargethan; da aber — und zwar am schärfsten von Sanio — die Behauptung aufgestellt wurde, dass auch diese Mittelplatte (»Intercellularsubstanz«) ein »äusserst stark verholzter Abkömmling aus dem Zellstoffbestande der Zellhülle sei, in dem sich gleichwie in den übrigen minder stark verholzten Zellhülltheilen nach entsprechender Vorbehandlung Zellstoff nachweisen lasse,« bleibt noch übrig auch nach dieser Seite noch weitere Erörterung eintreten zu lassen.

Sollte die fragliche mittlere Theilplatte (Intercellularsubstanz) sich vor den übrigen Zellhülltheilen in ihrer Molecularstructur wie in ihrer chemischen Zusammensetzung nur durch eine stärkere Verholzung auszeichnen, so müsste zweierlei zu constatiren sein. Erstlich könnte dieselbe in solchen Geweben, wo in keinem Theile der dasselbe zusammensetzenden Zellen irgend ein Product der Verholzung erkannt werden kann, wo also ein Unterschied der geforderten Art nicht hervortritt, weder optisch noch chemisch nachweisbar sein. Zweitens müsste in den verholzten Geweben auch für sie das gleiche optische und chemische Verhalten, wie für die übrigen Zellhülltheile in die Erscheinung treten.

In optischer Beziehung gewährt aber die Beobachtung in polarisirtem Licht Resultate, welche keiner der beiden Voraussetzungen entsprechen. Auch in nicht verholzten Geweben erkennt man auf hinreichend dünnen Querschnitten das dunkle nicht leuchtende, oder bei Anwendung von verzögernden Gypsplättchen die Farbe des Gesichtsfeldes wiedergebende Maschenwerk zwischen den je nach ihrer dichteren oder weicheren Beschaffenheit im einen Falle mehr oder minder stark aufleuchtenden, im andern Falle in Additions- oder Subtractionsfarben erglänzenden Zellhüllen. In Bezug auf die verholzten Gewebe lehrt die Beobachtung, dass die Wirkung der betreffenden Zellhülltheile auf das polarisirte Licht in dem Maasse verstärkt wird, als die Verholzung fortschreitet. Nun ist aber in dem Voranstehenden bereits nachgewiesen worden, dass die mittlere Theilplatte der »Mittellamelle« keine oder doch nur eine äusserst schwache Polarisationswirkung erkennen lässt. Ein Product sehr weit gehender Verholzung können wir also in derselben nicht erkennen. Das gleiche optische Verhalten in nicht verholzten, wie in verholzten Geweben leitet dagegen auf den Schluss, dass wir es hier in beiden Fällen mit dem wesentlich gleichen Producte des Zellenlebens zu thun haben. wenn dasselbe auch je nach seinem Vorkommen in dem einen oder dem andern, anderweitige Veränderungen erlitten haben mag.

Treten wir dem chemischen Verhalten näher, so zeigt sich dasselbe der ersten Voraussetzung gleichfalls nicht günstig. Wie bereits in No. 11 der Flora von 1875 angedeutet, habe ich schon 1851 (B. Ztg. No. 23) gefunden, dass die mittelst Jod und Schwefelsäure tief blau gefärbten Zellhüllen nicht verholzter parenchymatischer Gewebe durch eine äusserst zarte ungefärbte Linie von einander getrennt erscheinen. Ich habe dieses Verhalten damals allerdings nicht richtig gedeutet; das thut aber der Richtigkeit der Beobachtung keinen Eintrag und ändert an dem Vorhandensein der Thatsache nichts. Präparate aus späterer und neuerer Zeit auch aus solchen Geweben, bei denen eine Verdickung der Zellhüllen noch nicht eingetreten war, z. B. aus ganz jungem Holz, aus dünnwandigem Rinden- und Markgewebe u. s. w. (Fig. 12—14) zeigten mir ein ganz gleiches Verhalten. Ueberall wurden die Zellhüllen durch Chlorzinkjodlösung violett oder blauviolett durch Jod und Schwefelsäure intensiv blau gefärbt, aber überall erschienen sie auch durch eine feine ungefärbte Zone, welche den im polarisirten Lichte beobachteten dunkeln Linien entsprach, von einander getrennt. Die mittlere Platte des Netzwerkes, d. h. der »Mittellamelle« besteht also hier doch wohl nicht aus Zellstoff obwohl von einer chemischen Umbildung im Sinne der Verholzung nicht die Rede sein kann. Concentrirte Schwefelsäure löst in derartigen Geweben die Zellhüllen unter Zurücklassung eines feinen Maschenwerkes, während Kali, Salpetersäure und das Mazerationsgemisch die Trennung derselben herbeiführen. Beide Reagenzien wirken also hier in derselben Weise, wie bei verholzten Geweben, ohne dass die Resistenz gegen das eine, die Löslichkeit in den andern chemischen Mitteln aus dem Vorhandensein von aus Zellstoff hervorgegangenen Verholzungsproducten abgeleitet werden könnte. Dieses Verhalten nicht verholzter Gewebe gegen concentrirte Schwefelsäure widerlegt schon die Einwendungen Sanio's in der Flora (No. 20, 1875), wo er die Resistenz der Zwischenmasse oder Mittelplatte gegen das genannte Mittel der stärkeren Verholzung zuschreibt. Dass aber auch das Verholzungsproduct anderer Gewebe der Einwirkung der concentrirten Schwefelsäure nicht widersteht, das beweist das Verhalten derartiger Gewebeschnitte bei Anwendung dieses Reagenzes ohne dass eine Behandlung mittelst der die Verholzungsproducte lösenden Mittel vorausgegangen ist. Hier quellen die Zellstoffhüllen ebenfalls auf und lösen sich endlich; aber die Quellung wird vor der langsam und unter grösserem Widerstand erfolgenden Lösung eine viel bedeutendere, als bei vorher von den genannten Producten befreiten Geweben. Dadurch wird das feine unter anderen Verhältnissen mehr oder minder unverletzt bleibende Maschenwerk der mittleren Theilplatte gesprengt und es liegen nach der Lösung der Zellhüllen einzelne Stücke derselben zerstreut umher, ohne dass aber in ihrem Dickenmaasse eine merkbare Vermehrung durch Quellung zu beobachten wäre. Alles dieses lässt darauf schliessen, dass wir es hier mit einer Verbindung

zu thun haben, in der weder Zellstoff, noch ein unmittelbar aus Zellstoff hervorgegangenes Umwandlungsproduct vorhanden ist.

Von der eigenartigen chemischen Zusammensetzung der mittleren Theilplatte der »Mittellamelle« überzeugt man sich im weiteren leicht durch Färbung mittelst Anilinrothes. Zarte Querschnitte eines verholzten Gewebes, welche solange mittelst des Schulz'schen Gemisches bei Zimmertemperatur digerirt wurden, bis die mittlere Theilplatte (»Intercellularsubstanz«) ihrer Lösung nahe gebracht ist, zeigen nach kurzem Verweilen in einer verdünnten Lösung von Anilinroth folgendes Verhalten. Alle Theile der Zellhülle und zwar die primäre Zellhülle sowohl, als die secundäre Verdickung bleiben gänzlich ungefärbt, während die mittlere Platte des Netzwerkes sich intensiv roth färbt (Fig. 15). Diese Färbung tritt auch da noch in intensiver Weise auf, wo, wie der Augenschein lehrt, nur noch Spuren von jener noch ungelöst verblieben sind und eine weitere minimale Wirkung des Mazerationsgemisches die Lösung herbeigeführt haben würde. Ich meine doch, an derartigen Stellen der Präparate wäre der Punkt gekommen gewesen, auf dem die Verholzungsproducte gelöst und nur die Zellstoffreste noch zurückgeblieben wären, welche dann ebensowohl, wie die anderen Theile der Zellhüllen ungefärbt hätten bleiben müssen. Wollte man aber annehmen, es sei auch in soweit von dem Mazerationsgemische angegriffenen Theilen der mittleren Theilplatte noch ein — sicherlich doch nur höchst geringer — Rest von Verholzungsproducten zurückgeblieben und habe die intensive Färbung veranlasst, so lehrt der Vergleich solcher Schnitte, bei welchen das Mazerationsmittel entweder gar nicht oder doch nur unvollständig auf die Zellhüllen gewirkt hat, sofort, dass jene nicht aus der erwähnten Voraussetzung abgeleitet werden kann. Selbst da, wo noch die gesammten Verholzungsproducte, oder ein grosser Theil derselben ungelöst in den Zellhüllen verblieben sind, ist die Färbung dieser eine weit weniger starke, als jene der substanzärmsten Reste der Mittelplatte (»Intercellularsubstanz«). Wir haben in der letzteren gemäss des eben geschilderten mikrochemischen Verhaltens also sicherlich eine von der Zellhülle und deren Verholzungsproducten chemisch verschiedene Verbindung vor uns.

Gehen wir zu den Reactionen über, welche durch die zellstoffbläuernden Mittel, insbesondere durch die Chlorzinkjodlösung hervorgerufen werden, so werden auch diese eine Bestätigung des Vorhergegangenen liefern können.

In der eben beschriebenen Weise vorbereitete, d. h. theilweise mazerirte, sonst gelungene Querschnitte aus verholzten Geweben lassen, häufig schon kurz nach der Befeuchtung, besonders aber nach mehrtägiger Behandlung mittelst Chlorzinkjodlösung folgende Färbung erkennen. Die primäre Zellhülle erscheint scharf abgesetzt blauviolett, die äussere, wasserreichere Schicht der

secundären Verdickung violettroth, die innere, wasserärmere (»tertiäre«) Schicht hellviolett bis blauviolett gefärbt. Das Maschenwerk der mittleren Theilplatte des ganzen Netzwerkes verhält sich verschieden je nach der mehr oder minder kräftigen Einwirkung des mazerirenden Reagenzes. Wo die letztere verhältnissmässig gering war, tritt eine hochgelbe Färbung hervor (Fig. 16 bei *A*) und es wird dieselbe in dem Maasse blasser, als die Einwirkung kräftiger wurde (Fig. 16 bei *B*) bis bei sehr hochgradiger Wirkung, welche die mittlere Platte (»Intercellularsubstanz«) der Lösung nahe gebracht, oder theilweise schon gelöst hat, diese im Ganzen oder in den noch erhaltenen Resten vollständig farblos erscheint (Fig. 16 bei *C*). Derartige Präparate sind besonders geeignet, in ihren verschiedenen Uebergängen der Färbung die Behauptungen zu widerlegen, dass die Mittelplatte zur Zellstoffreaction übergeführt werden könne. Ich habe an solchen Objecten niemals auch nur den Schimmer einer wirklich blauen Färbung in den der Lösung ganz nahe gekommenen Resten der letzteren wahrnehmen können; und ich meine, wenn in diesen Resten auch nur Spuren von Zellstoff noch vorhanden gewesen wären, so hätten sich dieselben dem Auge verrathen müssen. Um nichts zu versäumen, was Gewissheit geben könnte, habe ich feine in Salpetersäure und chlorsaurem Kali digerirte Querschnitte mit einem Tropfen Aetzkalklösung befeuchtet, diesen rasch ablaufen lassen, mit Wasser gut ausgewaschen, Chlorzinkjodlösung zugegeben und dann das Präparat oft noch unter beständiger Erneuerung des letztgenannten Reagenzes mehrere Tage liegen lassen. Der Erfolg dieses Verfahrens war der, dass bei minder hochgradiger Einwirkung des Schulz'schen Gemisches die mittlere Theilplatte (»Intercellularsubstanz«) gelb gefärbt wurde, bei höheren dagegen ungefärbt blieb, während in den Zellhülltheilen der Farbenton etwas mehr nach Blau hinübergeführt erschien (Fig. 17). Vergleicht man das sonstige optische Verhalten des unter den oben genannten Einflüssen zur Erscheinung gebrachten mittleren Maschenwerkes (»Intercellularsubstanz«) mit demjenigen der mazerirten Zellhüllen, so überzeugt man sich, dass man es hier nicht mit einer Zellstofflamelle zu thun hat. Die blassgelb gefärbten, sowohl wie die ungefärbten Partien jener zeigen einen eigenthümlichen, bei den letzteren nicht bemerkbaren, starken Glanz und ein schilferiges Aussehen, so dass man unwillkürlich an dünne Schilfern der Gummiarten erinnert wird, wie sie sich häufig von grösseren Bruchstücken abblättern. Dass da, wo das Mazerationsgemisch seine volle Wirkung geäussert, d. h. die Zellen von einander getrennt hat, auch nicht ein kleinster Rest von verkitteter Substanz zurückgeblieben war, davon habe ich mich auf das entschiedenste besonders an solchen Schnitten überzeugt, bei denen alle Uebergänge der Einwirkung des Mazerationsgemisches bis zur Entfärbung, zur nahezu eingetretenen und zur vollendeten Lösung neben einander vertreten waren. Nirgends findet sich zwischen den getrennten aber

durch die Capillarität in ihrer Lage ziemlich erhaltenen Zellhüllen, auch da nicht, wo dieselben durch Verschieben des Deckglases oder durch Anwendung der Nadel weiter von einander entfernt worden waren, auch nur eine Spur einer optisch oder chemisch nachweisbaren Substanz. Zur weiteren Orientirung über das an dieser Stelle in Betracht kommende chemische Verhalten der mittleren Theilplatte, namentlich aber über den von S a n i o und mir verschieden dargestellten Befund der Chlorzinkjodreaction der in dem Mazerationsgemisch digerirten Präparate, habe ich in den Figuren 18 und 19 noch zwei solcher wiedergegeben, wie sie mir vereinzelt vorgelegen haben. In Fig. 18 ist das mittlere Maschenwerk (»Intercellularsubstanz«) durch Anwendung der Nadel theilweise von den Zellhüllen isolirt und sind die einzelnen Lamellen dieser sowohl, wie das erstere in ihrer Färbung genau nach der Natur copirt. Fig. 19 dagegen stellt einen mazerirten und mit Chlorzinkjod behandelten Querschnitt alten Kiefernholzes dar, bei dem sich die primären Zellhüllen theilweise von der secundären Verdickung getrennt hatten und zerrissen waren, so dass leicht die Vermuthung hätte Platz greifen können, als ob man in den abgelösten primären Zellhülltheilen das innere Netzwerk vor sich habe. Eine sorgfältige Betrachtung der Grenzen der secundären Verdickung gewährt indessen leicht die Ueberzeugung, dass dem nicht so ist, da ihr die auch bei den Reactionspräparaten scharf abgesetzte Doppelcontour der primären Wände und deren verschiedene Färbung abgeht.

Hier muss ich auch noch einmal auf die bereits in No. 11 der Flora von 1875 besprochenen Figuren S a n i o's Tafel VII 1 u. 2 zurückkommen, deren Farbengebung auch in der letzten Erwiderung gegen meine »Bemerkungen« in No. 20 der Flora von 1875 als richtig aufrecht erhalten wird. Der in den Objecten wirklich auftretenden Färbung entsprechen diese Figuren insofern nicht, als die Doppelcontour an der Aussengrenze des rothvioletten Zellhülltheiles, welche S a n i o gegenwärtig ja als Ausdruck der primären Zellhülle anerkennt, dem wirklichen Sachverhalte, wie der von ihm selbst (in anderen seiner Figuren, z. B. den Figuren 3 und 4 Taf. VII) dieser Zellhülle gegebenen Färbung entsprechend nicht rothviolett, sondern blauviolett gehalten sein müsste und als die innere Lamelle der secundären Verdickung (»tertiäre Membran«) nicht zum Ausdruck gekommen ist. Ferner muss ich die blaue Färbung des zwischen den Zellhüllen liegenden Netzes, auch wenn sie weniger intensiv wäre, als sie es in der That ist, auch heute wieder als durch Täuschung hervorgerufen ansehen. Dieses Netzwerk entspricht allem Anschein nach dem in meinen Fig. 16 u. 17 gezeichneten inneren Maschenwerk und wird wohl auch in S a n i o's Präparaten ungefärbt aufgetreten sein. Dass stark lichtbrechende und demzufolge stark glänzende Theile nicht gefärbter Gewebe den schwächer lichtbrechenden und weniger glänzenden, röthlichgrau erscheinenden gegenüber einen bläulichen Schein annehmen, ist bekannt. Eine

blaue Färbung der Substanz darf man aber darin nicht suchen. Inwieweit dieses Verhalten bei Sanio's Färbung in irgend einer Weise mitgewirkt hat, kann ich nicht entscheiden. Ich vermithe aber, dass etwas Aehnliches oder die schon früher besprochene (Die Intercellularsubstanz und deren Entstehung) Ursache der Täuschung mit untergelaufen sei und ich glaube, dass wenn Sanio sich die Sache noch einmal etwas genauer und vorurtheilslos ansehen will, er sich schliesslich doch von der Richtigkeit meiner auch von anderen Beobachtern controlirten Farbenansicht überzeugen wird.

Auf die voranstehenden Beobachtungsergebnisse gestützt muss ich mich heute wieder, wie schon früher gegen das Vorhandensein von Zellstoff in der mittleren Theilplatte der »Mittellamelle« aussprechen und dieselbe als einen von der Zellstoffhülle in molecularem, wie chemischem Aufbaue verschiedenen Theil der Gewebe erklären, welcher allerdings auf die gefundenen Grenzen einzuschränken, nicht aber auf andere Dinge, wie die secundäre Verdickung der Callenchymzellen, der Fucoideenzellen u. s. w. auszudehnen ist. Mit Sicherheit ist deren chemische Constitution allerdings nicht festzustellen. Im Hinblick auf ihr optisches Verhalten, wie auf die durch Anilin hervorgerufenen Farbenreactionen, im Hinblick ferner darauf, dass die Mazerationsmittel die mittlere Theilplatte endlich vollständig und ohne Rückstand lösen, während, wenn ein Rest von Zellstoff darin vorhanden wäre, dieser, wie überall in den Zellhüllen ungelöst bleiben würde, dürfte vielleicht der Schluss nicht ungerechtfertigt sein, dass die die mittlere Theilplatte constituirende chemische Verbindung eine Vorstufe des Zellstoffes und zwar eine in Wasser unlösliche Gummiart bilde. Da diese Theilplatte der »Mittellamelle« — ursprünglich allerdings aus zwei Platten hervorgegangen, aber durch frühzeitige Verschmelzung homogen geworden — den benachbarten Zellen gemeinschaftlich ist und mit den primären Zellhüllen in einem nur durch heftige chemische Eingriffe zu lösenden Verbande steht, so möchte die Bezeichnung »Gewebekitt«, oder da man damit den gleichen Begriff verbindet, »Intercellularsubstanz« nicht gerade als ungerechtfertigt erscheinen.

Wenn aus dem Vorausgehenden hervorgeht, dass die mittlere Theilplatte der »Mittellamelle« (die Intercellularsubstanz) nicht wohl als ein Abkömmling irgend eines Theiles der Zellstoffhülle betrachtet werden kann, so bleibt im Anschluss an dieses Resultat noch die Frage zu lösen, woher und in welcher Weise dieselbe ihren Ursprung nimmt. In dieser Beziehung finden sich von Seiten derjenigen Forscher, welche die Zusammensetzung der »Mittellamelle« aus den drei nachgewiesenen Theilstücken er- und bekannt haben, drei wesentlich von einander abweichende Ansichten vertreten.

Schacht lässt die Intercellularsubstanz nach seinen letzten Mittheilungen (Das Mikroskop

3. Aufl. S. 115 u. f.) aus den verflüssigten Mutterzellen durch chemische Umwandlung und Erhärtung hervorgehen. Sanio erklärt dieselbe früher (Bot. Zeitung 1863 S. 362) für ein Verholzungsproduct der persistenten Mutterzellen des Cambiums, leugnete dann deren Vorhandensein unter Annahme einer Verflüssigung und Resorption der Mutterzellen (Pringsheim's Jahrbücher Bd. IX S. 63), kehrte aber später (Flora 1874 No. 35 S. 555 u. f.) auf meine Bemerkungen hin (Flora 1874 No. 17) wieder zu seiner verlassenen Auffassung zurück. Ich selbst habe schon 1861 angedeutet, dann 1867 und 1869 (»Die Intercellularsubstanz und deren Entstehung« S. 36 — Schluss; Das Mikroskop Bd. II S. 102 u. f.) durch eine Reihe von Beobachtungen nachgewiesen und neuerlichst (Flora 1874, No. 17 und 1875 No. 11) den Einwendungen Sanio's gegenüber wiederholt auf das bestimmteste ausgesprochen, dass die fragile Theilplatte der »Mittellamelle« aus den cambialen, nicht aus Zellstoff bestehenden, **vor** der primären Zellhülle über der lebenden Zelle abgeschiedenen Tochterzellhüllen hervorgehe.

Den Entscheid über die Richtigkeit der einen oder anderen Ansicht kann nur die Entwicklungsgeschichte gewähren. Ich will dieselbe daher hier, indem ich mir das Eingehen auf die gegnerischen Einwände bis zum Schlusse verspare, nochmals in Kürze (unter Verweisung auf meine früheren ausführlicheren Arbeiten) und zwar gestützt auf die Resultate meiner neueren Beobachtungen an dem auch von Sanio in neuester Zeit bearbeiteten Objecte: der Kiefer darlegen.

Ein zarter Querschnitt durch die Cambiumregion und die dieser angrenzenden Gewebetheile des in Entwicklung begriffenen Frühlings-, Sommer- oder Herbstholzes der Kiefer zeigt Verhältnisse, wie sie in den Fig. 26, 28 und 32 der Taf. III und IV der vorhergehenden Abhandlung und in Fig. 12 der beifolgenden Tafeln (von *Pinus strobus*) dargestellt sind.

Die Zellen der Cambiumregion, wie des jungen Bastes und Holzes werden in radialer Richtung durch eine schwach lichtbrechende, bald mehr homogen, bald grumos erscheinende, bald in verschwindend kleiner, bald in grösserer Menge vorhandene Substanz von einander getrennt erhalten. Von dieser Substanz setzen sich die radialen, wie der Augenschein lehrt, von den peripherischen wohl etwas, aber keineswegs bedeutend in ihrer Dicke verschiedenen Hüllstücke der einzelnen Zellen vermöge ihrer doppelten Contour und ihres stärkeren Lichtbrechungsvermögens nach beiden Seiten hin immer und auf das deutlichste ab. In älteren Reihen des Holzkörpers (von dem Baste können wir wegen wesentlich gleichen Verhaltens ganz absehen) erscheinen dagegen die radialen Hüllstücke dicht an einander gerückt und es werden die Hohlräume der Zellen durch das scheinbar einfache in peripherischer wie in radialer Richtung gleich dicke Gerüste der primären Zellhüllen von einander geschieden, während sich die lockere

Zwischensubstanz nur noch hie und da in den Ecken vorfindet, wo mehrere Zellen zusammenstossen. Weiter nach innen tritt dann in den auf einander folgenden Zellreihen der Beginn und das weitere Fortschreiten der Verdickung in der bereits unter No. II geschilderten Weise ein und es erscheint die Verdickungsmasse dem stärker lichtbrechenden, dem eben besprochenen Gerüste der primären Zellhüllen in jeder Beziehung entsprechenden Netzwerke eingelagert. Polarisirtes Licht als optisches, Chlorzinkjodlösung, Jod und Schwefelsäure, wie auch das Mazerationsgemisch als chemische Reagenzien auf derartige Präparate angewendet geben über die einzelnen Bestandtheile des jugendlichen Gewebes und seiner Zellen alle diejenigen Aufschlüsse, welche zur Bildung einer begründeten Ueberzeugung über den vorliegenden Sachverhalt erforderlich sind. Im polarisirten Lichte bleiben bei verdunkeltem Gesichtsfelde die Hüllen der Cambiumzellen (ich nehme mit Sanio nur eine peripherische Reihe an) sowohl, als die noch theilungsfähigen Tochterzellen, welche je nach der Jahreszeit, den mehr oder minder günstigen äusseren Verhältnissen und der Holzart (bei *Pinus strobus* sind sie oft sehr zahlreich) in verschiedener Zahl vorhanden sein können, unsichtbar (Fig. 18). Die Zellstoffreagenzien rufen, wie ich mich an zahlreichen Präparaten früherer und neuerer Zeit überzeugt habe, weder violette noch blaue Färbung in denselben hervor (Fig. 19 links bei A) und das Mazerationsgemisch löst sie vollständig auf, indem es nur die Zellkerne und andere protoplasmatische Inhaltsbestandtheile zurück lässt (Fig. 19 rechts). Die eben nachgewiesene Zwischenmasse zwischen den cambialen, wie zwischen den jungen Bast- und Holzzellen, hie und da auch zwischen den peripherischen Wänden eingelagert, wirkt nicht auf das polarisirte Licht und nimmt in der Regel unter der Einwirkung von Chlorzinkjodlösung eine dem Concentrationsgrade des Reagenzes entsprechende etwas schmutzige gelblichbraune Färbung an; nur an einzelnen Stellen bemerkt man, wie ich früher schon öfter hervorgehoben habe, eine violette oder bläuliche Färbung. Von dem Mazerationsgemisch wird die fragliche Substanz bis auf einige krümelige ihrer Zusammensetzung nach nicht genau controlirbare Reste gelöst. Weiter nach innen ändert sich das Verhalten der jungen, in ihrem radialen Durchmesser mehr und mehr gestreckten Holzzellen unter dem Einflusse der Zellstoffreagenzien insofern, als jetzt innerhalb einer ungefärbt bleibenden eine blauviolett oder blau gefärbte Lamelle auftritt, deren Farbenton nicht wesentlich von demjenigen verschieden ist, welche die primäre Zellhülle in den unverholzten Geweben überhaupt, wie auch in den durch die Mazerationsmittel von den Verholzungsproducten befreiten, verholzten Gewebe annimmt (Fig. 19 links bei B). Es wird an diesen Stellen sowohl in peripherischer, wie in radialer Richtung das blauviolette oder blaue stärkere Netzwerk von einem inneren, sehr feinen, nicht gefärbten, unmittelbar und un-

unterbrochen in die cambialen Zellhüllen übergehenden Netzwerke durchsetzt, das bei etwa quadratischer Form der Zellen in seinen Ausmassen nach radialer und peripherischer Richtung nicht verschieden und nur in den Zwickeln, oder wo hie und da ein Rest der Zwischenmasse verblieben war, stärker entwickelt erscheint. (Fig. 12 und 19.) Diesem mikrochemischen Verhalten entsprechen denn auch die Polarisationserscheinungen, indem die dem ungefärbten Maschenwerke des Gewebes entsprechenden Theil des Gewebes dunkel bleiben, die den gefärbten Hülltheilen entsprechenden dagegen hell aufleuchten.

Ich kann dieses Verhalten auch jetzt nicht anders deuten, als wie es früher von mir geschehen ist. Die cambialen Zellhüllen, d. h. die Zellhüllen der Cambiummutterzellen sowohl, als diejenigen der Cambiumtochterzellen, welche unter Umständen noch theilungsfähig und noch nicht als eigentliche Bast- und Holzzellen zu dem Gefässbündel übergetreten sind, bestehen, soweit es aus dem Verhalten gegen optische und chemische Reagenzien überhaupt erschlossen werden kann, nicht aus Zellstoff. Erst auf einer zweiten, je nach den Vegetationsverhältnissen etwas früher oder später eintretenden Entwicklungsstufe und demgemäss in mehr oder minder weit von den Cambiummutterzellen nach aussen oder innen gerückten Zellenreihen wird die aus Zellstoff aufgebaute primäre Zellhülle innerhalb der cambialen Tochterzellhüllen von der lebenden Zelle abgeschieden. Die Zwischenmasse endlich, welche sich in ihrem optischen und chemischen Verhalten so entschieden von den gesammten jungen Zellhülltheilen unterscheidet, ist nicht als ein Theil der »dicken« Radialwände aufzufassen. Wir haben vielmehr in derselben eine Substanz zu erblicken, welche — zumal da man hie und da noch in ihren Umrissen kenntliche Reste der Mutterzellhüllen in ihr wahrnehmen kann — zum mindesten theilweise als das Umwandlungsproduct der nicht mehr nachzuweisenden cambialen Mutterzellhüllen zu betrachten und deren Verschwinden innerhalb des jungen Holzes und Bastes auf Auflösung und Aufsaugung zurückzuführen ist. Dass in derselben zeitweise mehr oder minder deutlich erkennbare Mengen anderer, mit Chlorzinkjodlösung sich bläuender Verbindungen während der Stoffwanderung festgehalten sein können, habe ich schon früher (Intercellularsubstanz) zugegeben und aus den betreffenden Reactionen erschlossen. Ich habe aber nicht gesagt, dass sie aus Zellstoff bestehe und hat Sanio die betreffende, allerdings nicht präcis genug gehaltene Stelle meiner Entgegnung (Flora 1875, No. 11) missdeutet, da er die darin angezogene eingehendere Besprechung der Zwischensubstanz nicht kannte.

In denjenigen Zellreihen, deren radialer Durchmesser bereits sein volles Ausmass erreicht, ebenso in denen, wo die Verdickung bereits begonnen hat, ist, ohne dass die Verholzung schon Platz gegriffen hätte, das innere, durch das polarisirte Licht, wie durch die chemische Reaction

nachweisbare feine Netzwerk der mittleren Theilplatte der »Mittellamelle« (Intercellularsubstanz) einmal in Folge der Dehnung und des jedenfalls nicht unbedeutenden Wasserverlustes auf sein kleinstes, in figürlichen Darstellungen nicht wohl ganz genau wiederzugebendes Ausmaass reducirt. Seine chemische Umbildung beginnt mit der Verholzung der primären Zellhülle. Jetzt ist der Zeitpunkt eingetreten, wo, ausser an Gewebestücken mit stärker entwickelter mittlerer Theilplatte (siehe oben Seite 128, Fig. 2), die einfache Wirkung der Zellstoffreagenzien dessen Vorhandensein nicht mehr ohne weiteres ersichtlich macht, sondern wo hierzu eine vorbereitende Behandlung erforderlich wird. Auf diesem Entwicklungszustande erscheint das ganze Netzwerk der »Mittellamelle« — in welchem jedoch Anilinfärbung die drei Theilstücke nachzuweisen im Stande ist — unter Anwendung von Chlorzinkjodlösung oder von Jod und Schwefelsäure in der Regel gelb gefärbt, ohne dass sich die mittlere Theilplatte durch besonders hervortretende Färbung auszeichnete. Meine früheren Angaben in dieser Beziehung sind daher insofern nicht ganz allgemein zutreffend, als ich die an Gewebestücken oben beschriebener Art gewonnenen Anschauungen, die in den betreffenden Figuren naturgetreu wiedergegeben sind, zu sehr verallgemeinerte. Anders als das chemische zeigt sich aber hier das Verhalten gegen polarisirtes Licht, indem das mittlere feine Maschenwerk durch dasselbe überall und immer, gleichwie in den nicht verholzten Theilen des Schnittes zur Ansicht gebracht wird.

Wollen wir den Zusammenhang der in den verholzten Gewebetheilen in dem ersten Theile dieser Abhandlung nachgewiesenen mittleren Theilplatte mit dem in jüngeren Gewebetheilen erkannten ungefärbten feineren Maschenwerk, welcher ohnedies durch das Verhalten im polarisirten Lichte nachgewiesen wird, durch chemische Mittel zur Erscheinung bringen, so müssen wir entsprechende Gewebeschnitte mittelst der mazerirenden Mittel vorbereitend und dann erst mittelst der Zellstoffreagenzien behandeln. An derartig zubereiteten Präparaten erkennt man ganz sicher den unmittelbaren Uebergang des farblos gebliebenen, mit den cambialen Zellhüllen in Verbindung stehenden Netzwerkes in die unter der vorgängigen Einwirkung der Mazerationsflüssigkeiten hervorgetretene mittlere Theilplatte der »Mittellamelle«, indem sich die weissen Maschentheile zwischen den noch unverholzten primären Zellhüllen in das gelbe mittlere Maschenwerk zwischen den primären, violetten Zellhüllen der verholzten Zellen fortsetzen. Hier tritt indessen meistens der Fall ein, dass das noch nicht umgebildete Netzwerk der mittleren Theilplatte schon gelöst wird, wenn der umgebildete zwischen den verholzten Zellhüllen gelegene Theil desselben eben erst in die Erscheinung tritt, Fig. 20. Dies thut jedoch dem wirklichen Sachverhalt über den genetischen Zusammenhang keinen Eintrag. Es beweist dieses von dem Verhalten auch der jüngsten aus Zellstoff bestehenden, sich nicht lösenden Zellhüll-

theile so verschiedene Verhalten vielmehr um so schlagender, dass schon die ganz jugendliche mittlere von den beiden äusseren Theilplatten der »Mittellamelle« chemisch weit verschieden ist.

Aus den mitgetheilten Thatsachen bezüglich der Entwicklungsgeschichte der mittleren Theilplatte (Intercellulärsubstanz) der »Mittellamelle« geht hervor, dass dieselbe weder das Product einer etwa später noch ins Feld zu führenden Differenzirung inmitten der primären Zellhülle, noch der chemischen Umwandlung der untergegangenen und erweichten Mutterzellen sein kann, dass sie auch nicht aus der weit fortgeschrittenen Verholzung der persistenten Mutterzellhüllen hervorgegangen ist, sondern dass sie ihr Entstehen den nicht aus Zellstoff bestehenden cambialen Zellhüllen verdankt, deren Substanz allerdings wie der Zellstoff der Zellhüllen in den verholzten Geweben eine von der der letzteren verschiedene chemische Umbildung erleidet. Dieselbe ist ihrer Entwicklung gemäss nicht als etwas von anderer Seite und sei es auch von Seite der Mutterzellen her an die Zelle Gebrachtes, sondern als ein eigenstes Product des individuellen Zellenlebens, als ein Theil der Gesamthüllung jeder einzelnen Zelle zu betrachten. Insofern möchte denn auch der Ausdruck Intercellulärsubstanz, der gewissermassen an etwas ausserhalb der Zelle Vorhandenes erinnert, vielleicht Anstoss erregen. Will man denselben fallen lassen, so habe ich nichts dagegen. Dann aber muss man als selbstständige nach einander entstandene und nicht aus einem Differenzirungsprozess hervorgegangene Theile der »Mittellamelle« folgende unterscheiden:

1. Die cambiale Zellhülle und

2. die primären Zellhüllen,

von denen die erstere als eine durch Verschmelzung homogen gewordene mittlere Platte den an einander grenzenden Zellen gemeinschaftlich zugehört, während die aus Zellstoff gebildeten primären Zellhüllen je einer einzelnen der in den Geweben mit einander verbundenen Zellen zuzurechnen sind.

Der Schacht'schen sowohl, als der Sanio'schen aus 1863 datirenden, später verlassenen und dann neuestens wieder aufgenommenen Entwicklungstheorie der Intercellulärsubstanz habe ich bereits a. a. O. Seite 24 u. f. eine eingehende Kritik gewidmet. Ich darf mich daher hier wohl auf die Betrachtung der neuesten, in meinen kurzen Bemerkungen in der »Flora« weniger eingehend berücksichtigten Einwände des letztgenannten Forschers beschränken.

Zunächst wendet sich Sanio gegen meine Auffassung der zwischen den Radialwänden der Cambiumregion auftretenden Zwischenmasse als das Product der Umbildung und Auflösung der cambialen Mutterzellhüllen. Aber aus seinen verschiedenen Aussprüchen geht hervor, dass er —

um mich eines von ihm beliebten Ausdruckes zu bedienen — über diese Zwischennasse noch keineswegs die Herrschaft erlangt hat. Denn stellt man diese Aussprüche neben einander, so wird man wahrlich nicht klug daraus, was Sanio denn eigentlich von diesem Dinge hält. So sagt er auf derselben Seite seiner grösseren Abhandlung, Pringsheim's Jahrbücher Bd. IX S. 63:

»Indem nun fortwährend durch tangentialen Theilung im Cambium die Zellenzahl vermehrt wird und die radialen Wandstücke der Mutterzellen bei den fortdauernden Theilungen nicht resorbirt werden, wachsen allmählig diese zu einer mehr oder minder beträchtlichen Dicke heran (Taf. IX Fig. 4, bei 1 u. 2).« Dann:

»Ist die Verdickung stärker, so kann man deutlich an den radialen Wandstücken die doppelt conturirte Membran der Cambiumzellen von einer mittleren weichen Substanz unterscheiden, welche gleichfalls aus Cellulose besteht und der Rückstand der Mutterzellhäute früherer Theilungen ist.« Ferner:

»Die dicken radialen Wandstücke verdünnen sich bei dieser Streckung allmählig; indem die mittlere lockere Substanz allmählig »resorbirt wird,« rücken die eigentlichen Wandungen der jungen Holzzellen an einander und verschmelzen zuletzt mit Ausnahme der Stellen, wo sich 3 oder 4 Zellen berühren, wo die lockere Substanz unresorbirt bleibt und die drei- oder vierseitigen Räume als Zwickel ausfüllt.«

In No. 35 der Flora von 1874 S. 549 heisst es:

»Dippel behauptet, dass die Mutterzellen der Cambialtochterzellen verflüssigt werden, während ich angegeben, dass weder im Cambium noch sonst wo im geschlossenen Gewebe eine Resorption stattfindet (man sehe oben!). Woraus Dippel die Resorption erschlossen hat, ist nicht angegeben, was doch sehr wünschenswerth gewesen wäre, da ich noch nie Veranlassung zu einer solchen Annahme gefunden und dies auch mehrfach ausgesprochen habe.« Dann auf Seite 552:

»Früher nahm ich an, dass die mittlere lockere Substanz bei der Verschmelzung der radialen Wandstücke resorbirt wird, gegenwärtig muss ich annehmen, dass sie hier nur comprimirt wird« u. s. w.

Ich für meinen Theil habe gegenüber dem fortwährenden Schwanken Sanio's, welches ihm selbst allerdings nach den obigen Citaten nicht ins Bewusstsein gekommen zu sein scheint, seit 1861 und in allen meinen bezüglichen Veröffentlichungen die oben ausgesprochene, mir durch die beobachteten Thatsachen dictirte Ansicht von der im Cambium und dessen Nachbarschaft auftretenden Zwischenmasse und der Resorption der Mutterzellen festgehalten. Möge Sanio hier wiederholt in Kürze es gesagt bekommen, warum ich dies gethan. Erstlich findet man bei zahl-

reichen Querschnitten, welche für die Entwicklungsgeschichte angefertigt sind, hie und da Stellen, wo bei spät getheilten Zellen die beiden Tochterzellen noch deutlich von den Mutterzellhüllen umschlossen sind und auch in ihren peripherischen Wänden stärker, als die nächstälteren Zellen erscheinen, die sich also ganz so verhalten, wie die betreffenden Stellen solcher Querschnitte, welche man zur Beobachtung der Zelltheilung von in entsprechender Tageszeit geschnittenen Hölzern entnommen hat und in denen die eben entstandenen jungen Tochterzellen noch von den Mutterzellhüllen umrahmt werden. Daneben zeigen sich Stellen, wo die geschilderte Umfassung nicht mehr vorhanden ist, während in der Zwischenmasse sich entweder noch Reste von Mutterzellhüllen auffinden lassen, oder diese ganz frei von letzteren und structurlos erscheint. Zweitens weiss man, und es ist dies durch die vielseitigsten Beobachtungen festgestellt, dass bei der Entwicklung der sporen- und pollenbildenden Zellen (den sog. Specialmutterzellen a. Aut.) ebenso der Sporen und der Pollenkörner die Mutterzellhüllen umgebildet, verflüssigt und schliesslich resorbirt werden. Drittens sieht man überall da, wo in geschlossenen Geweben Tochterzellen innerhalb solcher Zellen entstanden sind, welche bereits ihre primäre Zellhülle abgeschlossen haben, die Tochterzellen deutlich von den hier persistent verbliebenen Mutterzellhüllen umgeben. Aus diesen nicht zu bestreitenden Thatsachen schliesse ich und wohl mit vollster Berechtigung: Wo in geschlossenen Geweben früher als vorhanden beobachtete Zellhüllen (hier die cambialen) nicht mehr oder nur noch in einzelnen Resten zu beobachten sind und wo an deren Stelle eine ganz anders gestaltete Substanz sich eingestellt hat, da sind die ersteren als solche verschwunden und es ist die letztere als ein Product von deren moleculären und chemischen Umbildung zu betrachten. Ich zweifle ferner nicht daran, dass die Zwischenmasse in ihrem erweichten, jedenfalls dem flüssigen mehr, als dem festen Aggregatzustande nahe stehenden Zustande vermittelt des in Folge der sofort nach der Entstehung beginnenden radialen Streckung hervorgerufenen Druckes zwischen den peripherischen Zellhüllen, wo sie indessen in einzelnen Fällen auch zu beobachten ist (Fig. 5), heraus und zwischen die radialen Wandstücke, wo die Druckkräfte in diesem Stadium noch auf ein kleines Maass reducirt sind, gedrängt worden ist. Endlich schliesse ich und zwar aus Analogie mit oben citirten Thatsachen, dass die Zwischensubstanz, wo sie sich der Beobachtung schliesslich entzieht, verflüssigt und aufgesaugt worden ist. Sollten, wie es von Sanjo an einzelnen Stellen seiner Abhandlungen behauptet wird, die verschwundenen Mutterzellhüllen in die Bildung der Tochterzellhüllen eingegangen und so der Beobachtung unzugänglich geworden sein, so müsste sich das Aussehen der Cambiumquerschnitte ganz anders gestalten, als es in der That bei jedem guten, nicht, gedrückten oder gezerrten Schnitt der Fall ist. Man würde dann in der Cambiumregion solcher neben einander liegender

Zellenreihen, welche sich in gleicher Breite ununterbrochen weit in Bast und Holz hinein erstrecken, also ersichtlich in gleichartigen d. h. nicht aus einer späteren radialen Theilung hervorgegangenen Mutterzellen entstanden sind, nicht solchen Verschiedenheiten in der Breite der Zwischensubstanz begegnen können, wie sie in Fig. 5 u. a. naturgetreu dargestellt sind; ebensowenig würde sich zwischen eben durch radiale Theilung entstandenen cambialen Zellen diese Substanz in solcher Menge angehäuft finden dürfen, wie man es in der That oft beobachtet. Man müsste ferner (und ich sehe hier ganz von den Ungeheuerlichkeiten ab, wie sie sich aus der schematischen Construction für die Persistenzhypothese ergeben würden) Ansichten gewinnen, wie sie Sanio und zwar im Widerspruch zu seinen Figuren 4 Taf. VII und 4 Taf. IX in seinen Figuren 3 Taf. VII, 1 Taf. VIII und 5 Taf. IX (ich erwähne nur diese, weil sie nicht für die Zellfolge im Cambium, sondern ausdrücklich für die Entwicklung der »Mittellamelle« und der Verdickungsschichten entworfen sind) dargestellt hat und worin die im Texte so oft betonte »Dicke« der Radialwände des Cambiums zur Anschauung gebracht ist.

Dass die Verschiedenheit in der Dicke der Radialwände resp. in der Mächtigkeit der Zwischenmasse in dem Frühlings- und Herbstholze nicht auf den Gründen beruht, welche Sanio auf S. 315 und 316 No. 20 Flora 1875 dafür hervorgesucht hat, wird wohl Jedem klar sein. Denn dass im Frühlingsholze, welches sich zu einer Zeit entwickelt, wo die Lebensthätigkeit überhaupt eine energischere ist (auch hier kann unter verschiedenen, die Energie und rasche Aufeinanderfolge der Theilungen nicht einmal störenden Einflüssen die Zwischensubstanz sich bald längere, bald kürzere Zeit erhalten), die Mutterzellhüllen im allgemeinen rascher umgebildet und die daraus hervorgegangenen Producte rascher aufgesaugt werden, ist so natürlich, dass man nach künstlichen Erklärungsgründen nicht zu suchen braucht.

Um die unmittelbare Betheiligung der Cambiummutterzellen bei der Bildung der mittleren Theilplatte der »Mittellamelle« zu retten, stellt Sanio einmal die Behauptung auf, dass an den Stellen, wo zwei Schwesterzellen (aus Theilung einer Cambiumtochterzelle hervorgegangen) sich berühren, die mittlere Lamelle (Intercellularsubstanz) ganz fehle und dass sie nur da auftrete, wo zwei Schwesterzellenpaare aneinandergrenzen (Flora 1874 No. 35, S. 553), das anderemal möchte er diese Strukturverschiedenheit als offene, »nicht mit Sicherheit festzustellende!« Frage angesehen wissen. Sanio widerlegt nun seine eigene Behauptung durch seine eigenen, auch in seiner letzten Auseinandersetzung als sachgemäss vertheidigten Figuren 1 u. 2 der Taf. V, indem dieselben in dem blau gezeichneten, jetzt als mittlere Theilplatte angesprochenen Netzwerke ein Fehlen der letzteren an irgend einer Stelle in peripherischer (»tangentialer«) Richtung keineswegs, wohl aber das Gegentheil bekunden. Soweit entsprechen meine Beobach-

tungen denn auch den angezogenen Figuren. In allen meinen zahlreichen Präparaten, in denen durch irgend eine der weiter oben besprochenen Veranstaltungen die mittlere Theilplatte (Inter-cellularsubstanz) nachgewiesen wird, finde ich auch in allen radialen, oft Hunderte von Zellen in sich fassenden Reihen keine einzige Stelle, welche irgend darauf leiten könnte, dass zwischen den peripherischen primären Hüllstücken dieses Theilstück fehle. Auf diese von Jedermann zu controlirende und mit Sicherheit festzustellende Thatsache hin habe ich dann auch (Flora 1875 No. 11) der Sanio'schen Behauptung widersprochen; auf sie gestützt muss ich diesen Widerspruch auch heute aufrecht erhalten und die »auf Grund entwicklungsgeschichtlicher Raisonnements« offen gehaltene Frage durch meine oben gegebene Entwicklungsgeschichte als im Sinne der Wirklichkeit (soweit dies zur Zeit möglich ist) entschieden ansehen. Ein Vertrauensvotum, wie dies Herr Sanio anzunehmen scheint, verlange ich in Bezug auf diesen Punkt von seiner, wie von anderer Seite ebensowenig, wie für die Darlegung meiner übrigen Beobachtungsergebnisse. Was ich verlange, das ist, dass man anerkenne, dass ich den ernstesten und redlichsten Willen habe die Wahrheit und nur die Wahrheit zu suchen. Weiter fordere ich, dass man unter Aufgabe des allem wissenschaftlichen Geiste hohnsprechenden systematisch organisirten Todschweigens, unter Aufwendung der erforderlichen Zeit und der nicht zu erlassenden ernstesten, allerdings nicht gerade leichten Arbeit, die mitgetheilten Beobachtungsergebnisse ohne Voreingenommenheit irgend welcher Art redlich und gründlich prüfe, nicht aber auf Grund einiger an ungenügenden Präparaten erlangten negativen Resultate sich in selbstüberhebender Weise in absprechenden Redensarten bewege. Endlich verlange ich, dass man beim Ausbau der Wissenschaft mit den erkannten Thatsachen, nicht aber mit allgemeinen Raisonnements, mit speculativen Phantasien, angelehnten Vorurtheilen und andern der Wissenschaft als solcher ferne liegenden Dingen rechnet mit einem Worte, dass man der Wahrheit die Ehre gibt, nicht aber die Vertreter von in der Natur wohl begründeten, auf dem Wege mühsamer Forschung gewonnener Ueberzeugungen in unbegreiflicher Selbstüberschätzung mit Bann und Acht belegt, wie dies seit Jahren von Seiten des herrschenden, sich für unfehlbar haltenden Dogmatismus auch in unserer Wissenschaft geschieht. Meine Präparate stehen Jedermann zur Verfügung und wer sehen will, kann an denselben wohl erkennen, ob ich aus Thatsachen oder aus anderen Dingen meine Ueberzeugungen geschöpft habe.

Den Einwand, welchen Sanio gegen die Entstehung der primären Zellhülle innerhalb der cambialen Zellhüllen (Tochterzellhüllen) S. 552, No. 35 der Flora von 1874 erhebt und der vorzugsweise darin gipfelt, dass man diese Neubildung namentlich an der Verdickung der tangentialen Wände der jungen Holzzellen wahrnehmen müsste, ist keineswegs so schlagend

wie es aussehen mag. Es kann diese Verdickung thatsächlich keine so sehr auffällige sein, wie man wohl, ohne die Natur vor Augen zu haben, anzunehmen geneigt sein könnte. Denn erstlich nimmt die ursprünglich gewiss sehr wasserreiche cambiale Zellhülle schon durch ihren fortschreitenden Wasserverlust und auch wohl in Folge der, auch in den peripherischen Hüllstücken sich geltend machenden, Dehnung an Dickenausmaass ab; und dann erfolgt das Dickenwachsthum der anfänglich äusserst zarten primären Zellhülle durch Intussusception nach und nach, bis es mit deren voller Individualisirung seinen Abschluss erreicht. Die Dickenzunahme der gesammten anscheinend homogenen Lamelle ist also anfänglich eine höchst geringe, bei der fortdauernden radialen Streckung nur allmählig und wenig bemerkbar sich steigernde und in dieser Weise tritt sie denn auch bei genauer Beobachtung in die Erscheinung. Dass sich diese Verhältnisse in den bildlichen Darstellungen nicht so haarscharf wiedergeben lassen, wie sie in das Bewusstsein treten, ist natürlich. Hier sind es vorzugsweise das chemische und das Verhalten im polarisirten Lichte, welche die erforderlichen, begründenden Thatsachen an die Hand geben. Dass Sanio die nach meinen (öfter schon von Andern controlirten) Beobachtungsergebnissen ungefärbte feine Linie zwischen den blauviolett oder blau gefärbten primären Zellhüllen junger Gewebetheile »schwach und rasch verschwindend blau«, die letzteren selbst aber violettroth gefärbt sieht, beruht offenbar auf einer Täuschung, über die er sicher hinauskommen wird, wenn er sich nochmals eingehend mit der Sache befassen will. Für die Richtigkeit meiner Farbendeutung scheint mir, ausserdem, dass die von mir beobachtete Färbung an meinen Präparaten von Anderen gleichfalls erkannt worden ist, der Umstand zu sprechen, dass die primären Zellhüllen auch in verdickten, nicht verholzten, wie in verholzten, mittelst der Mazerationsmittel aber von ihren Verholzungsproducten befreiten Geweben ganz analoge Färbung zeigen, wie bei ihrem ersten Auftreten. Im übrigen sind diese Farbendifferenzen Differenzen, welche nur durch Revision unserer beiderseitigen Beobachtungsergebnisse von berufener Seite (ich bitte Herrn Sanio mir diesen Ausdruck nochmals zu gestatten) und unter Benutzung hinreichend gut hergerichteter Präparate geklärt und zum Austrag gebracht werden können.

Darmstadt, im September 1876.

#### IV. Die Spiralstreifung der Holz- und Bastfasern.

Die der spiraligen Streifung der Holz- und Bastfasern zu Grunde liegende Structur der Zellhülle ist schon seit langen Jahren Ursache mancher Controversen gewesen und sind darüber verschiedentlich von einander abweichende Ansichten veröffentlicht worden.

Auf die bezüglichen historischen und literarischen Einzelheiten einzugehen können wir uns hier unsomehr ersparen, als dieselben in der betreffenden Arbeit Nägeli's (Sitzungsberichte der Kgl. bairischen Akademie der Wissenschaften 1864 Bd. I, S. 282 u. f.), im 1. Bande der physiologischen Botanik von Hofmeister (S. 210 u. f.) wie in Sachs's Geschichte der Botanik (S. 378 u. f.) so eingehend als erforderlich dargelegt worden und dem Leser wohl ausreichend bekannt sind. Wir wenden uns daher sofort der Untersuchung zu, inwieweit die neueste Hypothese über dieses Structurverhältniss, welche von Nägeli ausgegangen, von Hofmeister, Sachs u. A. in vollem Umfange angenommen worden ist, in den natürlichen Thatsachen ihre Berechtigung findet oder nicht.

Nach den genannten Forschern soll bekanntlich die spiralige Streifung — wie die Schichtung — auf einer Differenzirung in der Richtung der Fläche der Zellhülle und zwar in quadratische oder schiefwinkelig vierseitige Areolen von grösserem und geringerem Wassergehalte, von geringerer und grösserer Dichtigkeit und demzufolge von schwächerem oder stärkerem Lichtbrechungsvermögen beruhen, dieselbe nicht aber, wie andere Botaniker angenommen haben, der Ausdruck von minder stark und stärker verdickten Stellen der secundären Verdickung sein. Als hauptsächlichliche Beweise für diese Ansicht werden vorzugsweise folgende Behauptungen angeführt:

1. Dass man niemals ununterbrochen in gleicher Dichtigkeit verlaufende, sondern stets aus dichten und weniger dichten vierseitigen Feldern zusammengesetzte helle und dunkle Streifen beobachtet, dass also stets in derselben Einstellungsebene und damit in derselben Schicht, demselben Schichtencomplex sich mindestens zwei, meist verschieden geneigte, aus »dichten« und »weichen« Streifen bestehende Streifensysteme durchkreuzen.
2. Dass wasserentziehende Mittel, wie Alkohol, concentrirte Lösungen von Zucker u. s. w. (man denke bei letzteren doch auch an das Lichtbrechungsvermögen!), die Schärfe der Zeichnung vermindern, während dieselbe durch völliges Austrocknen bald mehr, bald minder vollständig und bis zur vollen Unsichtbarkeit verschwinde.

3. Dass Quellung erregende Flüssigkeiten (Aetzkalkilauge, Schwefelsäure u. s. w.) durch anfänglich stärkere Beeinflussung der weicheren Streifen die Streifung deutlicher machten, während bei stärkerer Wirkung, wobei die dichten Streifen den wenigdichten ähnlich molecular umgestaltet würden, die Zeichnung unsichtbar werde.

Untersucht man einschlägige, geeignete, d. h. das betreffende Structurverhältniss in ganzer Schärfe klarlegende und die Deutung des mikroskopischen Bildes mit voller Sicherheit gestattende Objecte, wohin die Bastzellen der Chinarinde, die Hanf- und Leinfasern allerdings nicht gehören, auf die Thatsächlichkeit der ersten Behauptung hin, so ergeben sich an denselben folgende Beobachtungsergebnisse.

Die Fasern des »Herbstholzes« und der benachbarten Holztheile von der Fichte (*Abies excelsa*) zeigen eine deutlich ausgesprochene, wenn auch nicht ganz so scharf wie anderwärts in den Gegensätzen der Lichtverhältnisse ausgesprochene, spiralförmige, hie und da in netzförmige übergehende Streifung, bei welcher die zwischen den stärker lichtbrechenden Bändern liegende dunkle Streifen bald gleich breit, bald etwas breiter, als jene erscheinen. Eine auf die Mittelebene des Zellhohlraumes gerichtete Einstellung lässt das Bild sich kreuzender, nicht scharf begrenzter Streifen hervortreten. Stellt man dann aber höher oder tiefer ein, so kann man immer nur ein einziges Streifensystem mit scharfer Begrenzung zur Anschauung bringen, während das andere entweder vollständig verschwindet oder doch höchst undeutlich wird (Fig. 21). Eine Gliederung der Spiralbänder ist hier durchaus nicht zu sehen, dieselben erscheinen vielmehr, wie in den angezogenen Figuren dargestellt, in ihrem ganzen Verlaufe gleichstark lichtbrechend. Noch überzeugendere Resultate erzielt man an solchen Schnittstellen, wo durch das Messer die obere oder untere Zellhälfte weggenommen und ausserdem die unmittelbar angrenzenden Wandstücke der Nachbarzellen entfernt sind (Fig. 22). Sind derartige Zellstücke oder Zellen durch das Schulz'sche Mazerationsverfahren isolirt worden, so gewinnt das mikroskopische Bild noch an beweisender Kraft und es bleibt für Täuschung noch wenig Raum.

Eine sehr scharf ausgeprägte, feine, etwa unter Winkeln von 44—46° gegen die Längsachse der Fasern geneigte, rechtsansteigende (im Sinne der rechtsgewundenen Schraube südwestlich, Nägeli) spiralförmige Streifung mit nahezu gleichbreiten, stärker und schwächer lichtbrechenden Bändern besitzen die eigenthümlich verdickten Zellen des Frühlings- und auch des Herbstholzes der roth gefärbten Stellen von Aesten der Kiefer (*Pinus silvestris*), bei denen nicht selten eine durch natürliche Einflüsse hervorgerufene Trennung in die einzelnen Elemente stattgefunden hat. Auch hier, wo diese Structur nur den inneren Theilen der Zellhülle, d. h. der mittleren secundären Verdickung angehört, beobachtet man an Längsschnitten bei Einstellung

auf die Mittelebene des Zellhohlraumes oder zweier aneinandergrenzenden Zellhüllen, Kreuzung zweier gegenläufigen unscharf gezeichneter Streifensysteme (Fig. 23a), während bei geänderter Einstellung nur das allein vorhandene Streifensystem, dann aber scharf begrenzt in die Erscheinung tritt (Fig. 23b). Angeschnittene oder halbirte Zellen gewähren hier bei dem oft ziemlich weiten Hohlraum der Fasern und in Folge davon, dass dieselben stellenweise nicht mehr fest mit einander verwachsen erscheinen und sich so zahlreiche einfache, je einer einzigen Zelle angehörige Längswände in den Schnitten vorfinden, sehr instructive nicht zu missdeutende Bilder. So z. B. trifft man häufig dicht neben einander liegende Fasern, an denen abwechselnd die obere oder die untere Hälfte weggenommen ist und in denen dann absolut je nur ein einziges, in den verschieden vom Schnitt getroffenen Fasern in verschiedener Richtung ansteigendes Streifensystem beobachtet wird (Fig. 24a u. b). Ein anderesmal erscheinen die Zellen, welche nicht ganz gerade verlaufen, so, dass in dem einen Theile die obere, in dem andern die untere Hälfte der Zellhülle erhalten ist, und man dann an einer Zelle die eben geschilderten Verhältnisse vorfindet (Fig. 24c). In allen diesen Fällen und ebenso bei Beobachtung isolirter Holzfasern gestaltet sich das scharf eingestellte mikroskopische Bild so, dass eine Gliederung der dichten Bänder, wie der dunklen Zwischenräume in verschieden lichtbrechende Theilstückchen nicht wahrzunehmen ist. Wie man angesichts solcher Thatsachen von einer Gliederung sprechen, dieselbe mit der bekannten Entschiedenheit behaupten kann, ist rein unerfindlich, wenn man eben nicht eine maasslose Befangenheit im Dogma annehmen will.

Die Bastfasern von *Asclepias syriaca*, welche auch — aber meist in weit geringerem Grade ausgeprägt — die bei *Vinca*, *Nerium* u. s. w. bekannten Erweiterungen und Verengerungen des Lumens zeigen, besitzen eine gleichfalls scharf ausgeprägte Spiralstreifung, deren links aufsteigende (südöstlich gerichtete) Bänder an verschiedenen Internodien des Stengels entnommenen Präparaten und zwar in den erweiterten, wie in den verengerten Zelltheilen unter Winkeln von 8—10°, 15—17° und 22—25° gegen die Zellenachse geneigt sind. Diese Streifung ist insofern charakteristisch und von derjenigen der voranstehend betrachteten Holzzellen etwas verschieden, als die stärker brechenden und dunkel gezeichneten Streifen in Bezug auf ihr Ausmaass eine gewisse Unregelmässigkeit zeigen. Die stark lichtbrechenden Bänder besitzen zwar annähernd überall fast die gleiche Breite, dagegen schwankt diejenige der dunklen Zwischenräume zwischen der Hälfte bis dem Zwei- und Dreifachen der Breite jener. Dabei sind diese breiten, an Ausmaass in ihrem Verlaufe wechselnden, bald sich auskeilenden, bald sich bauchig erweiternden Streifen nicht etwa in regelmässigen Intervallen vertheilt, sondern deren relative Anzahl wechselt mannigfach. Bald liegen sie dicht beisammen, mit je einem der stärker licht-

brechenden Bänder wechselnd, bald stehen sie in weiteren Zwischenräumen von einander ab, so dass nach einer Folge von gleichbreiten schmalen Bändern ein breites auftritt (Fig. 26). Dieses Verhältniss kömmt der sicheren Beurtheilung der Structur sehr zu statten.

Soweit ich beobachten konnte, und ich habe zu verschiedenen Zeiten verschiedenen Standorten entnommenes Material untersucht, ist bei den Bastfasern dieser Pflanze nur ein einziges Streifensystem entwickelt, gleichviel ob die Verdickung eine geringere oder eine bedeutendere ist. Von dieser Thatsache überzeugt man sich leicht und sicher an den stärker verdickten Faserzellen von Schnittpräparaten oder auch an gleichgearteten isolirten Fasern, welche ihre ursprünglich auf dem Querschnitte kreisrunde bis rund-elliptische Form ziemlich gut bewahren, d. h. wenig oder gar nicht zusammenfallen. Einstellung auf die Mittelebene des Lumens lässt eine nicht scharf gezeichnete rhombische Felderung erkennen, bei der beide gegenläufige, übrigens gleich ansteigende Streifensysteme in gleicher Undeutlichkeit gezeichnet erscheinen (Fig. 25). Hebung des Tubus macht dann das einzige links aufsteigende Streifensystem in scharfer Begrenzung hervortreten (Fig. 26), während Senkung unter die Mittelebene scharf gezeichnete rechts ansteigende Streifen zum Vorschein bringt (Fig. 27) und so die Thatsache feststellen lässt, dass die bei der mittleren Einstellung einander gegenläufigen Streifensysteme nicht als solche vorhanden, sondern nur in dem einzigen Streifensystem begründet sind. Auch hier gewinnt die überzeugende Kraft der Beobachtung einestheils an solchen Schnittpräparaten, wo eine einzelt liegende Bastfaser durch den Schnitt in der Mitte getroffen und die eine Hälfte hinweggenommen worden ist (Fig. 28), andernteils an solchen isolirten Zellen, wo das Ende eines Faserstückes unregelmässig zerrissen wurde und theils die obere, theils die untere Wand für sich allein hervortritt (Fig. 26 unten). Secundäre Diffractionsstreifen lassen sich bei scharfer Einstellung hier ebensowenig hervorrufen, als das scharf gezeichnete Streifensystem durch irgend eine Veranstaltung weniger sichtbar gemacht und ein andersläufiges resp. gegenläufiges an dessen Stelle gebracht werden kann. Ich habe die Bastfasern von *Asclepias* und anderen Pflanzen, die Holzfasern von *Pinus* bei centraler und excentrischer Beleuchtung, freilich unter Anwendung ausgezeichneter Objectivsysteme und scharfer Einstellung auf den obern oder untern Verlauf der Streifen, in möglichst weitgehenden Drehungen in der optischen Achse des Mikroskopes durchlaufen lassen, ohne dass je ein anderes, als das eben scharf eingestellte Streifensystem zur Deutlichkeit gelangt wäre. Wenn Nägeli u. A. hievon abweichende Resultate erzielt haben, so können diese meiner Ansicht nach nur in dem weit verbreiteten, nicht gerade immer krankhaft auftretenden Astigmatismus des Auges ihren Grund haben.

Aehnlich wie die Bastfasern von *Asclepias syriaca* verhalten sich diejenigen von *Asclepias*

*Cornuti*, *Cynanchum Vincetoxicum*, *Urtica dioica* u. s. w. Bei einzelnen der genannten Pflanzen jedoch besitzen nur die weniger und mässig verdickten Fasern ein einziges Streifensystem, während bei den stärker verdickten ähnliche Structurverhältnisse vorkommen, wie sie weiter unten bei *Nerium Oleander* näher beschrieben werden sollen.

Die Bastfasern von *Vinca* zeigen ein je nach ihrer Form und ihrer Verdickung verschiedenes Verhalten. Diejenigen Fasern, welche keine bemerkenswerthen Erweiterungen des Hohlraumes aufweisen, sind auch in der Regel die stärker verdickten und nähern sich in ihrer Gestalt mehr den gewöhnlichen Bastfasern anderer Gewächse. Sie besitzen meist eine äusserst feine, hie und da auch eine deutlicher ausgeprägte Streifung mit links ansteigender etwa unter  $12\text{--}14^\circ$  die Zellenachse schneidender Spiralwindung. Eine noch mässig verdickte Mittelform nähert sich in Bezug auf die Spiralstreifung den Bastfasern von *Asclepias*, obwohl die stärker lichtbrechenden als die dunkleren Bänder der Zeichnung schmaler sind, als dort. An diesen beiden Zellformen kann man sich noch leicht und sicher davon überzeugen, dass nur ein einziges Streifensystem vorhanden ist. Schwieriger wird die Sache bei einer dritten Faserform, wo ziemlich weite, langgezogene Stellen mit ganz engen wechseln und die Verdickung eine verhältnissmässig geringe ist. Diese Fasern zeigen schon auf dem Querschnitt, da wo er die erweiterten Stellen getroffen hat, eine lang elliptische Gestalt, bei der der eine Breitendurchmesser den andern bedeutend überwiegt. Nach der Mazeration fallen diese Stellen noch mehr zusammen und es wird sehr schwer, die auf der dem Beobachter zugewendeten und die auf der dem Beobachter abgewendeten Seite verlaufenden Spiralstreifen getrennt wahrzunehmen. Auf diese Weise erscheint fast bei allen Einstellungen eine schachbrettartige Felderung, welche leicht zu Täuschungen Veranlassung geben kann und offenbar Nägeli und Hofmeister zu ihrer Behauptung von in derselben Schicht vorhandenen gegenläufigen und sich kreuzenden Streifensystemen geführt hat. Die Verwendung von starken guten Objectivsystemen und nicht zu schwachen Ocularen gewährt aber auch hier die Ueberzeugung, dass wir es nur mit einem einzigen Streifensystem zu thun haben und dass die Felderung eine scheinbare ist. Immer erscheint in diesem Falle das gerade genau eingestellte Streifensystem weit schärfer begrenzt, als das andere und es erhält sich dieses Verhalten auch bei Drehung des Objectes um die optische Achse des Mikroskopes und bei verschiedener Neigung der Streifen gegen das einfallende Licht immer in solchem Maasse, dass bei hinreichender Unbefangenheit eine Täuschung nicht gut möglich ist. Der Angabe Hofmeister's, dass die beiden in der That zu der oberen und unteren Wandseite gehörigen Streifensysteme um so gewisser als derselben Schicht angehörig erkannt werden könnten, als man bessere und die besten Objectivsysteme anwende

muss ich auf das entschiedenste widersprechen. Ich habe wohl die besten zur Zeit vorhandenen Objectivsysteme für meine Beobachtungen und deren neuerliche Controlirung verwendet und kann versichern, dass je vollkommener das Objectiv ist, man desto sicherer sich von dem oben geschilderten Sachverhalt überzeugen kann. Eine hier und da erwähnte quer über die Fasern verlaufende Streifung hat mit der feinen Structur der Zellhülle nichts zu thun. Dieselbe tritt nur an etwas stark durch das Mazerationsmittel angegriffenen Zellen auf und beruht auf einer Faltung der primären Zellstoffhülle oder der inneren secundären Verdickungsschicht.

Eine von der bisher geschilderten abweichende feinere Structur macht sich bei den Bastfasern von *Nerium Oleander* bemerkbar. Diese sind meist stärker verdickt, als die der vorher genannten Pflanzen und es zeigt sich die secundäre Verdickung schon auf dem Querschnitt als aus zwei deutlich von einander abgegrenzten Schichtencomplexen bestehend. Jeder dieser Schichtencomplexe kann sein eigenes Streifensystem besitzen, und es kann der Winkel, unter welchem diese gegen die Zellenachse geneigt sind, für beide gleich oder verschieden sein. So kömmt dann auf der ober- und unterhalb der Mittelebene gelegenen Zellhüllhälfte eine — allerdings nicht in demselben Schichtencomplex gelegene — Kreuzung zu Stande. In andern, freilich viel seltneren Fällen bleibt entweder der äussere oder der innere Schichtencomplex ohne Streifung, während der andere sie besitzt. Demgemäss tritt dann eine der vorher beschriebenen ähnliche Configuration der Zellhülle auf. Im ersteren Falle werden der Nägeli-Hofmeister'schen Auffassung sehr zu Gunsten sprechende mikroskopische Bilder erhalten. Namentlich ist dies der Fall, wenn man eine mittlere Einstellungsebene wählt, so dass die Einstellungsebene den sich berührenden Grenzflächen der beiden Schichtencomplexe sehr nahe liegt. Zwei gleich und annähernd scharf begrenzte Streifensysteme erscheinen dann in Kreuzung und rufen eine Felderung hervor, welche den Anschein gewährt, als ob die Zellhülle aus abwechselnd stärker und schwächer lichtbrechenden rhombischen Prismen zusammengesetzt sei (Fig. 29). Aendert man aber die Einstellung, so wird das Bild sofort ein ganz anderes. Beim allmäligen Heben des Tubus tritt endlich an den stärker verdickten Fasern und namentlich an den engeren Stellen das in dem äusseren Schichtencomplex gelegene, links aufsteigende Streifensystem allein ohne Sichtbarkeit des anderen, oder an weniger stark verdickten Fasern ersteres allein scharf begrenzt hervor, während das dem inneren Schichtencomplex angehörige nur noch und zwar mit den breiteren dunklen Streifen verschwommen durchscheint (Fig. 30). Beim allmäligen Senken des Tubus findet eine Umkehrung des Verhältnisses statt, indem jetzt das innere Streifensystem nur allein, oder allein scharf begrenzt, das äussere dagegen nur matt und verschwommen gesehen wird (Fig. 31). Einstellung auf die Mittelebene des Hohlraumes ruft eine verschwommene Zeichnung hervor und lässt von den Streifensystemen kaum mehr etwas

Sicheres erkennen (Fig. 32). Ein noch weiteres Senken des Tubus bringt zuerst das innere Streifensystem für sich (Fig. 33), dann die annähernd scharfe Kreuzung endlich das äussere Streifensystem zur Entwicklung, ohne dass aber die Bilder die volle Schärfe erreichen, welche diejenigen oberhalb der Mittelebene besitzen. Lässt sich hier auch in den erwähnten Fällen bei scharfer Einstellung nur eines Streifensystemes das zweite nicht ganz entfernen, und tritt demzufolge eine scheinbare Felderung auf, so liefert doch das Verhalten der stärker verdickten Bastfasern von *Nerium*, an welchen eine Zusammensetzung der Streifen aus wasserreichen und wasserarmen Areolen nicht erkannt wird, wie dasjenige der weiter oben behandelten Objecte den Beweis, dass wir es in diesem Fall mit dem ganz gleichen Structurverhältniss zu thun haben, wie dort. Diesem Beweise kömmt dann noch weiter die Thatsache zu Hülfe, dass bei mittelst der Nadel zerrissenen, isolirten Fasern, wo sich die Schichtencomplexe oft stellenweise abgelöst und einzeln der Beobachtung darbieten, stets nur ein Streifensystem ohne jegliche Differenz in der optischen Beschaffenheit der stärker lichtbrechenden und der dunkleren Bänder in die Erscheinung tritt.

Aus den mitgetheilten Beobachtungsergebnissen ergibt sich, dass in der gesammten secundären Verdickung (die primäre Zellhülle verbleibt immer homogen), oder wo eine Theilung derselben in gleichsam individualisirte Schichtencomplexe vorhanden ist, in jeder dieser letzteren nur ein einziges Streifensystem ausgebildet ist. Die Kreuzung gegenläufiger Streifensysteme, wie sie von Nägeli, Hofmeister, Sachs u. A. behauptet wird, ist daher eine nur scheinbare und diese scheinbare Kreuzung bewirkt das Ansehen, als ob die secundäre Verdickung der Zellhülle aus abwechselnd stärker und schwächer lichtbrechenden, schachbrettartig angeordneten vierseitigen Felderchen zusammengesetzt sei. Die unter 1 angeführte, von Nägeli, Hofmeister, Sachs u. A. vertretene Behauptung ist Beobachtungsfehlern entsprungen, deren Resultat allerdings um so williger als Ausdruck des natürlichen Thatbestandes genommen wurde, als es den theoretischen Deductionen sich ganz ausgezeichnet anzuschmiegen im Stande war und ihnen eine nicht gerade so obenhin zu controlirende Stütze bot.

In Bezug auf den zweiten Punkt sagt Nägeli a. a. O. S. 289: »Beim Eintrocknen verschwinden die Dichtigkeitsstreifen mehr oder weniger;« dann Sitzungsberichte 1864 Bd. II S. 149: »Die Zeichnungen, welche der ungleiche Wassergehalt in befeuchteten Körpern hervortreten lässt, verschwinden in trockenem Zustande, so die Schichtung und Streifung;« endlich in Nägeli und Schwendner, Das Mikroskop 2. Auflage S. 216: »Im vollkommen trockenem Zustand ist selbstverständlich keine Schichtung vorhanden.« Hofmeister, Physiologische Botanik Bd. I fährt auf S. 197, nachdem er vorher den gefelderten Bau der Zellhülle beschrieben hat

fort: »Bei Austrocknung der Zellhaut wird dieser feine Bau derselben undeutlich oder er verschwindet.« Auf S. 199 heisst es: »Zusatz concentrirter Lösungen von Zucker, Glycerin u. s. w. macht sie (die Streifung) undeutlicher; Auswaschen mit absolutem Alkohol in noch höherem Grade, so dass meist das eine Streifensystem der Beobachtung entgeht. Noch mehr tritt die Streifung zurück, wenn die Zellen völlig austrocknen und innerhalb einer Luftschicht beobachtet werden. In diesem Falle verschwindet die Streifung bisweilen völlig an Zellen, welche befeuchtet sie aufs deutlichste zeigen.« Dann S. 210: Die Erscheinung, dass mit der Austrocknung der Zellhaut die Streifung der Fläche derselben undeutlich wird oder verschwindet, ist eine ganz allgemeine.« In ähnlicher Weise sprechen sich Sachs u. A. aus.

Um die Uebereinstimmung oder Nichtübereinstimmung dieser Sätze mit dem natürlichen Verhalten zu prüfen, habe ich folgende Wege eingeschlagen. Zunächst habe ich Längsschnitte sowohl, als isolirte Faserzellen<sup>o</sup> der sämtlichen im Vorausgehenden genannten Objecte einen bis mehrere Tage der Einwirkung von absolutem Alkohol ausgesetzt, dann die aus der Flüssigkeit genommenen Präparate theils rasch und scharf, theils allmählig und unter Deckglas getrocknet.

Was nun die in Alkohol ausgewaschenen, also ihres Imbibitionswassers soviel wie möglich beraubten Präparate betrifft, welche in Alkohol betrachtet wurden, so habe ich bei keinem einzigen eine den anderseitigen Angaben entsprechende Verminderung der Deutlichkeit wahrnehmen können. Die etwa erkennbaren Unterschiede sind höchstens derart, wie sie durch die Verschiedenheit in dem Lichtbrechungsvermögen bedingt werden, jedenfalls aber völlig unerhebliche. Die getrockneten und in Luft beobachteten Präparate, die ich zu Jedermanns Einsicht und für meine Demonstrationen aufbewahrt habe und die noch heute (nach 10 und 15 Jahren) ganz und gar ihr früheres Aussehen besitzen, zeigen geradezu ein dem von der Differenzirungshypothese geforderten, von Nägeli, Hofmeister u. A. behaupteten entgegengesetztes Verhalten. Ueberall treten an den allerdings unschönen Präparaten von Längsschnitten und isolirten Fasern die Streifen unendlich viel schärfer hervor, als an den unter Wasser beobachteten oder in Chlorcalcium liegenden. Die vorher grauen »schwach lichtbrechenden« Streifen erscheinen nun völlig dunkel und neben ihnen heben sich die stark lichtbrechenden Bänder glänzend hervor (Fig. 34—36). Es tritt unter den vorliegenden Umständen also weder eine Veränderung der Sichtbarkeit, noch ein vollständiges Verschwinden der Spiralstreifung ein und es muss im Angesichte dieser übrigens leicht zu controlirenden Thatsachen den Anschein gewinnen, als ob die genannten Forscher niemals eines seines Wassergehaltes beraubtes resp. getrocknetes und in einer Luftschicht beobachtetes Präparat vor Augen gehabt, sondern ihre bezüglichen Behauptungen — wie in anderen Fällen — mit einziger Rücksicht auf das einmal

aufgestellte Dogma einfach hypothetisch deducirt hätten. Auch der weiteren Behauptung, dass getrocknete oder mit Alkohol ausgewaschene Präparate in Wasser die Streifung nicht wieder in ihrer früheren Deutlichkeit erscheinen liessen, muss ich widersprechen; sie steht mit den Thatsachen keineswegs in Einklang.

Diesen schon früher (Mikroskop Bd. II S. 83) kurz angedeuteten Thatsachen gegenüber sucht Prof. Sachs in der neuesten Auflage seines Lehrbuches der Botanik die Differenzirungshypothese zu retten, indem er dieselben als einseitige hinstellt. Er sagt zu dem Ende: »Sind aber die dichten Streifen sehr dicht, die wasserreichen sehr weich, wie bei manchen Holzzellen (*Pinus silvestris*), so wird die Streifung auch durch Austrocknung deutlicher, weil dann die dichten Streifen hervorrage, die weichen einsinken.« Der genannte Forscher befindet sich hier im Gegensatz mit Nägeli und Hofmeister, welche unter allen Umständen eine Verminderung der Deutlichkeit erschlossen haben. Nun ist es allerdings richtig, dass weiche, wasserreiche Streifen beim Eintrocknen an Substanz und folglich auch an Volumen verlieren. Aber auch die dichten Streifen erleiden einen gewissen Verlust und ob dann Unterschiede in den Niveaudifferenzen hervorgerufen werden, wie sie Sachs annimmt, der uns dann doch auch noch den Beweis für die für »manche« Zellen vorausgesetzte Wassergehaltsdifferenz schuldig wäre, ist um so zweifelhafter, als die Volumveränderung gemäss der Austrocknungserscheinung doch wohl auch in anderer als der radialen Richtung zur Geltung kommen, d. h. eine Verschmälerung der weichen Streifen veranlassen würde. Dass aber die Sachs'sche Erklärungsweise nicht für meine Beobachtungsergebnisse in Anwendung zu bringen sein dürfte, beweisen folgende Thatsachen. Erstlich, dass bei nicht eingetrockneten, sondern mit ihrem Imbibitionswasser (siehe weiter unten!) noch behafteten Faserzellen, die in Canadabalsam eingeschlossen werden, bei denen also von einem Einsinken der weicheren Schichten in keiner Weise die Rede sein kann, einzelne dieser Zellen oder Stücke derselben, in welchen das Einschlussmittel die in dem Hohlraum befindliche Luft nicht verdrängen konnte, gerade an diesen Zellen oder Zellstücken die Spiralstreifung in derselben entschiedenen Schärfe hervortritt, wie bei Luftpräparaten (Fig. 37). Zweitens, dass nicht »manche Holzzellen« sondern dass alle bisher von mir untersuchten spiralig gestreiften Zellen die Streifung im trocknen Zustande deutlicher zeigen, als im befeuchteten. Endlich der Umstand, dass die von mir beschriebene Erscheinung auch bei sehr wenig verdickten Zellen, so z. B. bei den Parenchymzellen aus den Knollen der Georginen, wo doch zum Einsinken der weichen Schichten wahrlich wenig Raum bleibt, in ihrer vollen Schärfe hervortritt, wie ich es an betreffenden Präparaten nachweisen kann. Eine andere Ausnahme, die aus der Noth helfen

könnte, existirt nicht, wenigstens ist sie weder von Andern, noch von Sachs, noch von mir bisher aufgefunden worden.

Ich meine, schon die voranstehenden Resultate lassen gelinde Zweifel darüber entstehen, ob wir es hier mit Dichtigkeitsstreifen zu thun haben; noch mehr werden diese durch die folgenden Thatsachen erregt.

Zellen mit schmalen Spiralbändern und ebenso schmalen unverdickten Zwischenräumen, wie z. B. die äussersten Zellenlagen in der Rinde von Orchideenluftwurzeln zeigen ganz dieselbe Zeichnung, wie spiralig gestreifte Parenchymzellen, Holz- und Bastfasern, und doch hat man niemals versucht, diese Structur auf eine Differenzirung der Zellfläche in wasserarme und wasserreiche Streifen zurückzuführen. Man konnte das einfach nicht wagen und hätte man es gethan — wie auch bei der Zellfolge von *Ulothrix zonata* u. s. w. schon die Differenzirungshypothese zu spuken beginnt, so hätte man schliesslich alle Verdickungsformen auf Differenzirung zurückzuführen. Nun lassen aber diese Spiralzellen beim Eintrocknen ganz das gleiche Verhalten beobachten, wie die spiralig gestreiften Zellformen und legen den Gedanken an eine Aehnlichkeit der feineren Structur der Zellhülle in beiden sehr nahe.

Ueberall, wo Dichtigkeitsunterschiede vorhanden sind, werden diese durch das Einschluss- oder Umhüllungsmittel der betreffenden Präparate, welche allerdings, wie ich schon früher hervorgehoben habe (Mikroskop, Bd. II, S. 69), in einem Zustande eingelegt werden müssen, in dem sie äusserlich anhaftende Feuchtigkeit nicht mit sich führen, sondern nur das Organisations- resp. Imbibitionswasser noch enthalten, nicht alterirt. Querschnitte von *Quercus*, *Pinus silvestris* und anderen Laub- und Nadelhölzern zeigen in Canadabalsam eingelegt sofort nach der Umhüllung, wie nach jahrelangem Verharren in dem Harze die primäre Zellhülle und die dichte innerste secundäre Schichtlamelle (»tertiäre Membran«) ebenso deutlich von der mittleren secundären Verdickung abgehoben, wie bei Umhüllung von Wasser und dgl. Aehnliche Schnitte durch die Bastfasern von *Caryota urens* u. a. Palmen, durch die vielfach geschichteten Zellen von *Lycopodium* (namentlich einer mexikanischen Art); *Regonia* u. s. w., lassen sofort und nach jahrelangem Liegen die differenten Schichtlamellen auf das schönste erkennen. In gleicher Weise treten an allen genannten Objecten bei der Umhüllung mit Tolubalsam, Cassia- und Anisöl und Schwefelkohlenstoff die verschieden dichten Zellhülltheile auf das entschiedenste hervor. Das gleiche Verhalten müsste man folgerichtig bei der spiraligen Streifung erwarten. Es müsste dieselbe, wenn sie durch Dichtigkeitsunterschiede veranlasst ist, an Präparaten, welche von Canadabalsam, Tolubalsam, Cassiaöl, Anisöl und Schwefelkohlenstoff umhüllt werden, ebenso gut und in gleicher Weise sichtbar sein, wie an solchen, welche von Wasser oder

wässerigen Flüssigkeiten umspült werden. Ich habe das schon a. a. O., S. 69 u. f., hervorgehoben und Nägeli selbst empfiehlt in beiden Auflagen des Mikroskopes dieses Verfahren zur Unterscheidung von Dichtigkeits- und Niveauunterschieden. Selbst wenn man mit Hofmeister annehmen wollte — und dazu wird wohl kaum Jemand Lust verspüren, der einmal das Verhalten der Querschnitte der oben genannten Zellenarten in verschiedenen lichtbrechenden Medien beobachtet hat, — dass das Organisationswasser oder wenn man so will, das Imbibitionswasser nach längerer Zeit durch dem Wasser nicht adhärende Flüssigkeiten verdrängt und diese an seiner Stelle imbibirt werden könnten, müssten eben eingelegte Präparate durch dieses Verhalten doch noch nicht beeinflusst sein können und das beanspruchte mikroskopische Bild gewähren. Die Beobachtungsergebnisse an in verschiedenen lichtbrechenden Flüssigkeiten eingehüllten, spiralig gestreiften Zellen sind aber folgende: Spiralig gestreifte Zellen des verschiedensten Herkommens und mit verschiedener Stärke der secundären Verdickung lassen im allgemeinen die Spiralstreifung um so weniger deutlich erkennen, je mehr die umhüllende Flüssigkeit sich in ihrem Brechungsvermögen von dem des Wassers entfernt und sich dem des Zellstoffes nähert. Schon im Chlorcalcium wird der Unterschied zwischen den hellen und dunklen Bändern etwas schwächer, als im Wasser, in Glycerin steigert sich dieses Verhältniss noch mehr und in Canadabalsam wie in Bittermandelöl wird die Zeichnung in dem Maasse weniger leicht sichtbar, als es der Unterschied in dem Lichtbrechungsvermögen zwischen diesen Flüssigkeiten und dem Wasser bedingt (Fig. 37). Noch frappantere Resultate liefert die Umhüllung mit noch stärker lichtbrechenden Mitteln. Unter Schwefelkohlenstoff, der die innerste secundäre Verdickungslamelle (»tertiäre Membran«), welche wiederum etwas schwächer bricht als die primäre Zellhülle, etwas an Lichtbrechungsvermögen übertrifft, kehrt sich die Zeichnung insofern gerade um, als jetzt in Verbindung mit der röthlichgrauen secundären Verdickung gleich gefärbte Bänder auftreten, zwischen denen etwas hellere bis zur secundären Verdickung reichende Bänder verlaufen (Fig. 38), während im Wasser stärker lichtbrechende Bänder und secundäre Verdickung in Zusammenhang stehen und die dunkleren Bänder zwischen den helleren und bis an die letzteren reichend verlaufen. Cassiaöl, welches ein der inneren secundären Schichtlamelle etwa gleiches, nur wenig höheres Lichtbrechungsvermögen besitzt, bringt unter ähnlichen Verhältnissen wie oben geschildert, die Streifung fast völlig zum Verschwinden.

Dichtigkeitsunterschiede zeigt dieses Verhalten ebensowenig an, als dasjenige, welches die oben beschriebene und beobachtete Einwirkung des absoluten Alkohols und der Austrocknung zur Erscheinung bringt.

Die Wirkung Quellung veranlassender Flüssigkeiten im Sinne der verschiedenen Quellungs-

fähigkeit der weichen und dichten Streifen ist von Nägeli in seiner mehrfach angezogenen Arbeit, in der er unter No. 11, S. 151 allerdings sagt, dass es sich bei der Quellung namentlich um den Gegensatz zwischen dichten und weichen Lamellen handle, nicht besonders betont worden und kann das, was er dort über die Quellungsvorgänge der Bastfasern vorgebracht hat, wohl kaum im Sinne seiner Hypothese und als Beweis für dieselbe verwerthet werden, da diese ebensogut unter andere Annahmen erfolgen können. Es sind mehr vereinzelt hier und da in verschiedenen Veröffentlichungen zerstreute, nicht immer direct bezügliche Bemerkungen und Hinweise, aus denen man entnehmen kann, dass er eine differente Quellungsfähigkeit annimmt. Auch Hofmeister spricht bei der Betrachtung »differenter Quellung von Parallelstreifen« vorzugsweise nur von den Zellhüllen der Frucht- und Samenschalen mancher Cruciferen, Labiaten, Polemaniaceen, Plantagineen u. s. w., scheint aber eine stärkere Quellungsfähigkeit auch der dunklen (»weichen«) Streifen anderer spiralig gestreiften Zellformen, wie der Holz- und Bastfasern gleichfalls anzunehmen. Diese Annahme ist denn auch, wie aus dem Verhalten der dichten und weichen Schichtlamellen, welches unter No. II näher dargelegt worden ist, hervorgeht, unter den von Hofmeister gesetzten Prämissen eine logisch richtige. Wenn die Zellhülle in ihrer Fläche in wasserreiche weiche und wasserarme dichte Streifen differenzirt, dann müssen unter dem Einflusse von quellungerregenden Flüssigkeiten, wie von Alkalien, Säuren u. s. w. die weicheren Streifen zunächst und vorzugsweise ergriffen und es müssen dieselben neben anders gerichteter Volumvergrößerung in mehr oder minder hohem Grade auch in der Richtung senkrecht zu ihrem Verlaufe verbreitert werden.

Untersucht man die hier für uns in Betracht kommenden Zellenformen auf dieses Verhalten hin, so zeigt sich der natürliche Sachverhalt keineswegs der von Hofmeister u. A. gemachten Voraussetzung entsprechend.

Zur Ermittlung der einschlägigen Thatsachen, die ich hier natürlich nur insoweit, als sie Bezug auf das in Frage kommende Structurverhältniss haben, in Betracht ziehen werde, wurden Schnittpräparate sowohl, als isolirte Faserzellen aus dem Holze von *Abies excelsa*, *Pinus silvestris*, dann aus dem Baste von *Asclepias syriaca* und *Cornuti*, *Cynanchum vincetoxicum*, *Urtica dioica*, *Nerium Oleander* u. s. w., mit Schwefelsäure, Kalilauge und schwefelsaurem Kupferoxydammoniak behandelt und das Verfahren verschiedentlich abgeändert. Einmal wurden die verschiedensten Concentrationsgrade der Quellungsmittel verwendet und dann die Präparate kürzere oder längere Zeit in diesen verweilen gelassen und zwar entweder einfach unter Deckglas, oder in Uhrschildchen von grösseren Flüssigkeitsmengen umhüllt.

Wässrige Schwefelsäure in verschiedenen Verdünnungsgraden angewendet, verändert das

Aussehen der Präparate kaum. Namentlich war an ihrer Einwirkung ausgesetzten Faserzellen keine Verbreiterung der dunklen Streifen zu beobachten (Fig. 39, 40). Bei allmählichem Zufügen von concentrirter Schwefelsäure ändert sich das Verhalten. Bei weniger intensiver Wirkung nehmen die stärker lichtbrechenden Bänder etwas von dem Reagenz auf, werden weniger glänzend und verbreitern sich um Weniges, während die Neigung der Spirale etwas geringer wird und die primäre Zellhülle sich von der secundären Verdickung trennt. Die dunklen Streifen liessen eine Verbreiterung nicht erkennen und es wurden die Zwischenräume zwischen den stark brechenden Streifen nicht vergrössert. Alles dies kann namentlich da mit Sicherheit festgestellt werden, wo bei einzelnen Fasern die obere oder untere Zellhälfte an Schnitt- oder Zerreiassungsstellen über die andere hervorrägt und die aus der primären Zellhülle hervorstehenden Spiralstreifen frei in der Flüssigkeit liegen, also in ihrer Volumveränderung nicht behindert werden (Fig. 39 oben). Bei noch kräftigerer Einwirkung der stärkeren Säure lagern die hellen Bänder bald grössere Mengen des Reagenzes ein und die Neigung der Spirale vermindert sich noch etwas mehr als vorher, während die primäre Zellhülle bandartig zerrissen wird, sich theilweise ablöst und die secundäre Verdickung, deren Spiralbänder sich gruppenweise von einander trennen, ohne dass zwischen den einzelnen hellen Streifen die Entfernung sich ändert, bauchig hervorquellen lässt (Fig. 41). An abgeschnittenen oder zerrissenen Fasern werden die einzelnen Schichten und Schichtencomplexe von diesen Stellen aus rasch und fast ruckweise gelöst; die hellen Bänder werden blasser, bleiben aber vorerst in ihrer ursprünglichen Entfernung von einander; dann verbreitern sie sich fast plötzlich stark, strahlen besenförmig aus einander (Fig. 41) und verschwinden mit einemale zu einer körnigen Masse aufgelöst. In gleicher Weise setzt sich der Prozess gleichsam ruckweise nach dem andern Zellende hin fort. Bei *Nerium*, wo, wie schon berichtet, in den stärker verdickten Fasern zwei Streifensysteme vorkommen, sieht man hie und da unter günstigen Umständen und an geeigneten Bruch- oder Zerreiassungsstellen die Streifensysteme der einzelnen Schichtencomplexe sich nach entgegengesetzten Richtungen aufrollen (Fig. 42), und kann auf das klarste erkennen, dass dieselben nicht zu zweien ein und demselben Schichtencomplex angehören. Niemals konnte ich während des Quellungsverlaufes eine Zusammensetzung der Spiralbänder je eines Schichtencomplexes aus abwechselnd stärker und schwächer lichtbrechenden Elementen wahrnehmen. Dieselben verbleiben unter schwächeren und stärkeren Concentrationsgraden der Säure und zu allen Zeitpunkten der Einwirkung bis zu ihrer endlichen Auflösung homogen.

Kalilauge wurde in zwei verschiedenen Verdünnungsgraden, nämlich 1 : 10 und 1 : 5, jede für sich, die erstere noch weiter verdünnt und beide in verschiedenen Verhältnissen mit ein-

ander gemischt verwendet. Die der Flüssigkeit ausgesetzten Präparate wurden theils sofort und längere Zeit stetig beobachtet, um dann nach grösseren Zwischenräumen erneuter Beobachtung unterworfen zu werden, theils wurden sie als Längsschnitt, oder in Form von, nach der Mazeration noch zusammenhängend verbliebenen Stückchen in Uhrsälchen in Kalilauge eingelegt, ein bis zwei Tage stehen gelassen und dann in demselben Mittel untersucht. Das Resultat blieb in Bezug auf das Verhalten der Streifung unter allen Umständen das gleiche. Während die Schichten in ihren weichen Lamellen (und es wurde dies an Querschnitten controlirt) unter dem Einflusse des Aetzkalis sich verbreitert hatten, blieben die dunklen Streifen in ihrem Breitenausmaasse unverändert. Ich lege zwar für die in Frage stehenden Objecte keinen allzugrossen Werth auf Messungsergebnisse, da die Breite der dunklen Streifen, wie schon oben erwähnt, mannigfach wechselt. Dennoch will ich einige Messungen anführen, welche immerhin gewisse Anhaltspunkte zur Beurtheilung gewähren mögen. Ich mass eine grössere Anzahl von nach meiner Schätzung etwa gleichbreiten Streifencomplexen (d. h. zwischen je zwei breiteren dunklen Streifen gelegene, ziemlich gleichbreite Streifen), welche je 4 helle und 3 dunkle Bänder enthielten und fand im Mittel folgende Werthe:

1. an Längsschnitten Breite senkrecht zur Neigung . . . . . 7,5 Mikr.
2. » isolirten Fasern » » » » . . . . . 7,7 »
3. » an 1 Tag in Kali gelegenen Fasern Breite senkrecht zur Neigung 7,6 »

Dies sind nun allerdings Resultate, welche an ausgesuchten Stellen der drei Präparatenarten genommen scheinen könnten. Wenn ich aber zufüge, dass das kleinste Ausmaass solcher Complexe 6,6 Mikr., das grösste bei noch einigermaßen normaler Zusammensetzung 8,2 Mikr. betrug, so wird der falsche Schein verschwinden. Nimmt man nun an, dass die dunklen Streifen auch nur wenig in der auf der Spiralrichtung senkrechten Ausmessung gequollen wären, so hätten nach der Quellung doch immerhin Ausmaasse zum Vorschein kommen müssen, welche von den verzeichneten wesentlich abgewichen hätten. Ich glaube mich daher zu dem Ausspruche berechtigt, dass eine Vergrösserung in dem Breitendurchmesser der dunklen Streifen durch die Einwirkung von Kalilauge nicht hervorgerufen wird.

Die Einwirkung des schwefelsauren Kupferoxydammoniaks, welches ich auf Holz- und Bastfasern angewendet habe, führt im ganzen und grossen zu denselben Resultaten, wie die vorgenannten Mittel. Die Endwirkung, welche ich aber nicht durch alle der von mir zu verschiedenen Zeiten verwendeten und aus verschiedenen Laboratorien stammenden Lösungen habe hervorrufen sehen, gleicht einigermaßen derjenigen von stärkerer Schwefelsäure und ist deren

Resultat insofern noch etwas instructiver als sie langsamer abläuft und die Spiralstreifen eine schwachblaue Färbung zeigen. Eine diesbezügliche Abbildung findet sich a. a. O. S. 84, Fig. 25. Man sieht, das Verhalten der dunklen Streifen in der Richtung der Fläche der Zellhülle stimmt mit demjenigen der weichen Schichtlamellen keineswegs nur entfernt überein und führt zu dem Schlusse, dass wir es hier nicht mit einem gleichartigen Structurverhältniss zu thun haben.

Die Resultate, welche in Bezug auf die drei eingangs als Stützen für die Differenzirungshypothese und die daraus abgeleiteten Structurverhältnisse der Spiralstreifung von Holz- und Bastfasern und Parenchymzellen aufgeführten Punkte ans dem wirklichen Thatbestand sich ergeben, lassen sich kurz folgendermaassen zusammenfassen.

Eine Felderung der Zellhüllfläche in dem Sinne Nägeli's und Hofmeister's existirt nicht, da niemals in derselben Schicht oder in demselben Schichtcomplexe sich zwei Streifensysteme kreuzen. Wo eine scheinbare Kreuzung beobachtet wird, rührt dieselbe entweder davon her, dass man den Verlauf der Spiralstreifen auf den dem Beobachter zu- und abgewendeten Hälften der Zellhülle oder von zwei unmittelbar an einander grenzenden, einer oberen und unteren Zelle angehörigen Zellhüllen zugleich wahrnimmt (*Pinus, Abies, Aselepias*) oder sie wird durch zwei gegenläufige verschiedenen Schichtencomplexen angehörende Streifensysteme derselben Zellhüllhälfte hervorgerufen (*Nerium* u. s. w.). Weder wasserentziehende Mittel, noch Austrocknung vermögen die bei der Umhüllung mit Wasser beobachtete Streifung zu schwächen oder verschwinden zu machen; im Gegentheil diese tritt in Folge der Austrocknung schärfer hervor, indem der Unterschied in der Lichtvertheilung zwischen hellen und dunklen Streifen vermehrt wird und zwar in dem Maasse als das Lichtbrechungsvermögen von Wasser und Luft verschieden ist. Stärker lichtbrechende Mittel als Wasser vermindern die Sichtbarkeit der Streifung, sofern sie in den Hohlraum der Zelle eindringen können und lange bevor sie (was überhaupt sehr fraglich erscheint) das Organisations- resp. Imbibitionswasser verdrängt haben können, bringen hier also eine ganz andere Wirkung hervor, wie bei Dichtigkeitsunterschieden, insbesondere bei den dichten und weichen Schichtungslamellen. Durch die bekannten Quellungsmittel werden die dunklen Streifen nicht in der Weise beeinflusst, wie es bei den weichen, wasserreicheren Schichtenlamellen der Fall ist, diese Streifen ändern bei der Quellung ihre Dimensionen nicht.

Diese Resultate nun stimmen auf das vollständigste mit denjenigen überein, welche man unter Anwendung gleicher Beobachtungsmethoden an Zellen erlangt, welche, allgemein zugestanden, schmale Spiralbänder als secundäre Verdickung und fast ebenso schmale unverdickte

Zwischenräume besitzen. Es ist somit der Schluss gerechtfertigt, dass wir hier nicht eine Differenzirung der Zellhülle in ihrer Fläche in dichte und weniger dichte Streifen oder Felder, sondern eine den Formen spiralförmig verdickter Parenchym- und Röhrenzellen ähnliche spiralige Verdickung, welche füglich den Namen »spiralige Streifung« beibehalten kann, vor uns haben, bei der die hellen Streifen den verdickten Stellen, die dunklen den unverdickten Zwischenräumen der Zellhülle entsprechen.\*) Untersuchen wir zum Schlusse das vorliegende Structurverhältniss nach anderer Richtung hin, so ergeben sich Thatsachen, welche mit den in dem Voranstehenden mitgetheilten und dem daraus gezogenen Schlusse in bester Uebereinstimmung stehen. Ich beschränke mich bei diesen Untersuchungen auf die genaue Analyse fertiger Zustände an ein paar Objecten, welche die Sache klarzulegen im Stande sind. Die Entwicklungsgeschichte der Streifen, wie ich sie a. a. O., S. 82, Fig. 25 für *Nerium* kurz beschrieben habe, vervollständigt zwar den Beweis dafür, dass in jedem Schichtencomplexe nur ein einziges Streifensystem vorhanden ist, sie kann jedoch für sich allein nicht als vollgültiger Beweis für die thatsächlich vorhandene Structur gelten. Man kann eben das Auftreten der Streifung ebensowohl als Folge der Differenzirung in der Fläche, wie der Verdickung auffassen und nur die oben gebrauchten Hilfsmittel der Beobachtung vermögen auch hier den wahren Sachverhalt zu enthüllen. Sie würde uns also nichts wesentlich Neues liefern und begnüge ich mich damit, derselben einfach gedacht zu haben.

Die gestreiften Holzfasern in dem äusseren Theile der Jahresringe von *Abies excelsa* gewähren auf feinen Längsschnitten Bilder, wie sie in den Figuren 22, 32 und 44 dargestellt sind. Die auf der Flächenansicht hervortretenden dunklen Streifen werden, hier, wie der Augenschein lehrt, durch seichtere oder tiefergehende Einsenkungen der mittleren, weichen secundären Verdickung hervorgerufen, denen sich die innere dichte Schichtlamelle (»tertiäre Membran«) genau anschmiegt. Die weniger dichte, ziemlich mässig entwickelte mittlere Zellhüllschicht ist daher an den zwischen den hellen Spiralstreifen liegenden Stellen weniger verdickt als an anderen Stellen, welche unter der Gestalt der letzteren hervortreten. An etwas dicken Längsschnitten gewinnt man Ansichten, welche dazu verleiten könnten, die Verdickung in die innerste dichte secundäre Lamelle (»tertiäre Membran«) zu verlegen, weil man daran die Ansatzstellen der Spiralbänder an den Wandseiten wie knötchenförmige Verdickungen sieht; allein

---

\*) Wo statt der Spiralstreifen Ringstreifen auftreten, wie sie Nägeli beobachtet hat und wie sie hier und da bei Nadelhölzern vorkommen, da gehören auch diese der Verdickung an und beruhen ebensowenig auf Differenzirungsvorgängen, wie die ersteren.

gelungene Schnitte belehren sofort eines andern, indem man die von der inneren Lamelle umgebenen Hervorragungen der weichen Lamelle deutlich erblickt. Dieses Structurverhältniss erkennt man an frischem Material, bei welchem von einer Eintrocknung und einem durch diese veranlassten Einsinken der weichen Lamelle keine Rede sein kann. Dass keine Differenzirung in der Zellhülle senkrecht auf die Schichten vorhanden ist, geht daraus hervor, dass auf dem ganzen Verlauf der durchschnittenen Längswände keine Unterschiede im Lichtbrechungsvermögen zu beobachten sind. In dem Umstande, dass die weniger verdickten Stellen der weichen secundären Verdickungslamelle nicht durch die ganze Dicke dieser letzteren verlaufen und so nur geringe Dickenunterschiede zur Geltung kommen lassen, ist der Grund zu suchen, dass die Spiralstreifung hier nicht so scharfe Gegensätze zwischen den stark lichtbrechenden Streifen und den dunklen Zwischenräumen erkennen lässt, wie es z. B. bei den eigenthümlich verdickten Astholzzellen von *Pinus silvestris* und den Bastfasern der Aselepiadeen u. s. w., wo bei beträchtlicher Dicke der Zellhülle in mehr oder weniger regelmässigen Abständen breitere dunkle Streifen wechseln, der Fall ist.

Etwas schief, am besten unter einem Winkel von nahe  $45^{\circ}$  zur Längsachse der beschriebenen spiralig gestreiften Holzfasern von *Pinus* geführte Querschnitte besitzen meist zahlreiche Stellen, welche eine genaue Ermittlung des vorliegenden Structurverhältnisses gestatten. Die eine, die Spiralstreifen dann unter nahezu rechtem Winkel schneidende Seite der Zellendurchschnitte zeigt bei schwacher Vergrösserung von dem Hohlraume aus nach der primären Zellhülle hin ausstrahlende, abwechselnd helle und dunkle Streifen, mit knötchenförmigen Hervorragungen der innersten, dichten Schichtlamelle, während die andere Seite in Folge des mit der Neigung der Spirale etwa gleich gerichteten Schnittes glatt erscheint. Ob man es hier mit Dichtigkeitsstreifen, oder mit Substanzlücken zu thun habe, lässt sich bei derartiger Vergrösserung nicht entscheiden. Greift man aber zu vorzüglichen stärkeren Vergrösserungen, wie sie die Eintauchsysteme bis zu 1—2 *Mm.* Brennweite gewähren, so schwinden alle Zweifel, sobald man eben von gut ausgeführten, hinreichend dünnen Schnitten die thatsächlichen Verhältnisse klarlegende Stellen zur Beobachtung wählt. Man erkennt dann zweierlei dunklere Radialstreifen, nämlich dunklere und weniger dunkle. Die letztern erscheinen dabei nach dem Hohlraum der Zellhülle hin wie an ihren beiden gleichlaufenden oder doch nahezu gleichlaufenden Grenzen von einer stärker brechenden sich an die primäre Zellhülle anschliessenden Zellstofflamelle eingeschlossen (Fig. 45) und dadurch von dem Innenraum der Zelle, wie von den dunkleren Streifen abgegrenzt. Die dunkleren Streifen reichen nicht ganz so weit in die Zellwand hinein wie die vorhergehenden, so dass in ihrer Fortsetzung die primäre Zellhülle etwas verdickt

erscheint. In den minder dunklen, hell umrahmten Streifen liegen unzweifelhaft Durchschnitte verdickter Stellen der Zellhülle vor, welche innen aus der weichen secundären Verdickung bestehen und von der dichten innersten Schichtlamelle eingerahmt sind. In den dunkleren Streifen dagegen haben wir die unverdickten Stellen der Zellhülle zu erblicken, welche nahe bis an die primäre Zellhülle — die innerste dichte Schichtlamelle liegt noch dazwischen — niemals aber über diese hinausreichen, wie es von Sachs in seiner Fig. 34*b* fälschlich dargestellt wird. Noch fast schönere und klarere Bilder gewähren sehr dünne Secanten- und Radialschnitte aber immer nur an einzelnen günstigen Stellen, die durch den nicht überall parallel mit der Schnittfläche gehenden Verlauf der Holzfasern bedingt werden. Hier tritt in der klarsten Weise das eben geschilderte Structurverhältniss zu Tage (Fig. 46). Die Radialstreifen des Querschnittes wandeln sich in quer über den Zellhülldurchschnitt verlaufende Streifen um, von denen sich die dunkleren als Substanzlücken, die andern als verdickte Stellen der weniger dichten secundären Schichtlamelle mit umfassender, nach Zellhohlraum und Substanzlücken hin abgrenzender innerster dichter Schichtlamelle kund geben. Dass diese Auffassung die richtige ist, dass in den ersteren in der That die Durchschnitte der auf der Fläche hell erscheinenden Streifen, welche bei grösserer Breite in dieser Richtung ebenfalls eine Zusammensetzung aus einer mittleren, schwächeren und zwei äusseren, stärker lichtbrechenden Streifen erkennen lassen, in den andern die Durchschnitte der dunklen Zwischenräume vorliegen, davon überzeugt man sich leicht durch den Verfolg des Zusammenhanges zwischen den beiden hervortretenden radialen Streifen einer- und den hellen und dunklen Spiralstreifen andererseits (Fig. 45 u. 46).

Die vorurtheilslose Beobachtung derartiger Präparate lässt keinen Zweifel über die der spiraligen Streifung zu Grunde liegende feinere Structur der Zellhülle aufkommen, falls man eben so dünne Schnitte und Schnittstellen dazu heranzieht, dass bei ihnen durch den Verlauf der Spiralstreifen nicht eine Verundeutlichung der Lichtvertheilung in dem Zellhülldurchschnitt hervorgerufen wird.

Legt man derartige Längsschnitte in Canadabalsam ein, so werden die dunkleren Querstreifen natürlich geschwächt und undeutlicher, während man an den Durchschnitten der Verdickungsbänder die Dichtigkeitsunterschiede noch in dem früheren Grade der Deutlichkeit wahrnehmen kann. Auf diese Weise sieht man in dem mikroskopischen Bilde nur helle und etwa gleichdunkle Querstreifen mit einander abwechseln, jedoch so, dass die letzteren abwechselnd nach innen hin bis an den Zellhohlraum und nur bis zu der dichten innersten Schichtlamelle (»tertiären Membran«) vordringen.

Bei den Asclepiadeen und Apocynen ist die Klarstellung des Sachverhaltes weit schwie-

riger. Optische Durchschnitte sind ganz und gar ausser Acht zu lassen, da an diesen die betreffende Structur nur verschwommen auftritt und jede gerade wünschenswerthe Deutung zulässt. Wirkliche Durchschnitte der Faserwände von ausreichender Dünne und entsprechender Richtung sind dagegen äusserst selten zu erlangen, denn die lose Verbindung der Bastfasern unter sich und mit dem umgebenden Gewebe, die Weichheit der Zellhüllen erschweren, da alle künstlichen Hilfsmittel der Präparation, wie Eintrocknen, Einschmelzen, Einhüllen in Gummischleim u. s. w. strengstens vermieden werden müssen, den Erfolg in hohem Maasse. Am ehesten geht die Sache noch bei *Nerium*; aber auch da habe ich mich zu verschiedenen Zeiten lange bemüht, ehe ich zu für mich entscheidenden Resultaten gekommen bin. Einzelne mehr dem Zufall als sonst etwas zu verdankende Stellen vereinzelter Schnitte liessen Structurverhältnisse erkennen, wie ich sie a. a. O. S. 84 vorgelegt habe. Die schief durchschnittenen Längswände erscheinen nämlich bei minder verdickten nur ein Streifensystem besitzenden Fasern an der einen Seite stellenweise in ihrer ganzen Dicke, bei stärker verdickten, zwei Streifensysteme aufweisenden in der äusseren oder inneren Wandhälfte von Querstreifen durchsetzt. Da diese Querstreifen nun mehrere Schichten mit weichen und dichten Schichtlamellen durchschneiden, so müssten, wenn dieselben Differenzirungsproducte wären, sowohl die hellen wie die dunkeln eine entsprechende Gliederung nach dem verschiedenen Wassergehalte zeigen. Bei Beobachtung mittelst ausgezeichnet stärkeren Objectivsystemen und haarscharfer Einstellung auf die Streifenränder erkennt man aber, dass nur die hellen Streifen die durch die Schichtenlamellen bedingte Gliederung besitzen, während die dunkeln ununterbrochen von dem Zellraum aus bis zur primären Zellhülle resp. zu dem andern Schichtencomplexe verlaufen (Fig. 48a). Eine weniger genaue Einstellung zeigt freilich auch in den dunkeln Streifen eine Gliederung, allein diese ist nur eine scheinbare. Da der Schnitt nämlich niemals so dünn ausgeführt werden kann, dass nicht die steile Neigung der Spiralstreifen zur Geltung kommt, so scheinen diese ober- oder unterhalb der Einstellungsebene liegend durch und gewähren vermöge der ihnen angehörigen Schichtenlamellen ein Bild, als ob auch den dunkeln Streifen eine Gliederung in wasserreiche und wasserreichere Felder zu eigen wäre (Fig. 48b). Dass dadurch der Differenzirungshypothese günstige Täuschungen ebensowohl veranlasst werden können, wie durch »optische Durchschnitte« ist selbstverständlich. Legt man nun auch diesen letzten Beobachtungen in Anbetracht der schwer und nicht immer klar zu ermittelnden Thatsachen eine weniger schlagende Bedeutung bei, wie ich es selber thue, so beweisen doch die an *Abies excelsa*, wie an *Pinus silvestris* erlangten und mit vollster Sicherheit festzustellenden Resultate, dass die weiter oben aus dem optischen Verhalten, wie aus dem Verhalten gegen Eintrocknung, Einhüllung in ver-

schieden brechende Mittel und Quellung erregende Flüssigkeiten gezogenen Schlüsse ihre volle Berechtigung haben und die spiralgige Streifung in der That den Verdickungsformen angehört.

Damit ist denn auch diese feinere Structur der Zellhülle mit den sonstigen Entwicklungsformen der verdickten Zellen in Einklang gebracht, und es kann die so reichlich mit physikalischen Ungeheuerlichkeiten (man denke an harte, hart-hart-weiche, hart-weiche, hart-weiche-weiche-weiche Areolen!) ausgestattete Differenzirungshypothese, welche auch bei der Schichtenbildung (auf hier nicht berührte Gebiete werde ich später einmal zurückkommen) nicht allein in dem Sinne Nägeli-Hofmeister's nicht, sondern überhaupt nicht zugelassen werden darf\*), aus dem Capitel über die Structur der Zellhülle ruhig gestrichen werden.

## V. Die Schliesshaut der einfachen Poren.

Die Behandlung dieses Structurverhältnisses, dessen ich schon in No. 17 der Flora von 1874 und zwar auf Seite 270 vorübergehend und kurz gedacht habe, gehört eigentlich nicht in den streng gezogenen Rahmen der in der Hauptüberschrift 'genannten Beobachtungsreihen. Dasselbe ist aber mit den hier behandelten Dingen so nahe verwandt, dass es wohl einen Platz neben denselben finden darf.

Bisher hat man allgemein — und ich selbst habe es ja bis in neuere Zeit gethan — angenommen, dass die Schliesshäute der einfachen cylinder- und stempelförmigen Poren durch die zwischen den Porencanälen ununterbrochen fortlaufende primäre Zellhülle gebildet würden. Nur Dr. Theodor Hartig hatte die fragliche Structur schon seit 1843 (Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Pflanzen, S. 12, Fig. 12—15 seiner Tafel) richtig erkannt und dargestellt, indem er den Verschluss der einfachen Poren als durch die innersten, die Hohlräume der Zellen auskleidenden, copulationsartig mit einander verwachsenen Lamellen der Nachbarzellen (seine Ptychode, tertiäre Membran a. Aut.) hergestellt beschrieb.

Oberflächliche Betrachtung der Poren und Verwendung nicht äusserst feiner Schnitte zur Beobachtung führt hier, namentlich bei dem Gebrauche schwächerer Vergrösserungen, leicht

---

\*) Wenn ich in No. II. bezüglich der Entstehung der weichen Schichtenlamellen der secundären Verdickung noch für die Möglichkeit einer doppelten Entwicklungsweise Raum gelassen habe (S. 23), so muss ich doch jetzt, nachdem ich mich nochmals mit diesem Punkte beschäftigt habe, mich dahin aussprechen, dass die Entstehung, wie das weitere Wachsthum der weichen massenhaften secundären Lamelle von *Pinus* und anderen Laub- und Nadelhölzern, oder der weichen Schichtenlamellen von *Clematis* u. s. w. durch Einlagerung wasserreicherer Zellstoffmoleculé zwischen die dichteren vorgebildeten Zellhülltheile (primäre und tertiäre Zellhülle, dichte Schichtlamellen) vor sich geht.

irre. So konnte es kommen, dass der so vortrefflich präparirende Schacht und ich selbst lange Zeit hindurch in Täuschung befangen blieben. Erst während meiner eingehenderen Studien über die feinere Structur der Zellhülle und nachdem ich Hartig's Arbeiten aus früherer Zeit sorgsam studirt hatte, gelangte ich zu der richtigen Erkenntniss der Thatsachen. Diese kommen in Bezug auf die vorliegende Frage den früheren schriftlichen und bildlichen Darstellungen Theodor Hartig's so nahe, dass noch heute seine Figuren von den Markzellen des *Taxodium distichum* als das Structurverhältniss möglichst genau wiedergebend angesehen werden können.

Nachdem ich bei *Phytelephas macrocarpa* (wovon ich schon in meinem Mikroskop Bd. II, Tafel VI, Fig. 39 eine richtige Zeichnung gegeben habe), *Phoenix dactylifera* u. s. w. den wahren Bau der einfachen Poren erkannt hatte, wendete ich mich zunächst zu umfassenderen Beobachtungen der Bearbeitung des von Hartig benützten Objectes, nämlich Querschnitten aus dem Marke junger Triebe von *Taxodium distichum* zu und lasse ich die daran erlangten Resultate denn auch hier vorausgehen.

Der dünne, senkrecht auf die Längsachse der wenig gestreckten Zellen geführte Querschnitt, ebenso der Radialschnitt, lassen sofort erkennen, wie die innerste stark lichtbrechende secundäre Schichtlamelle (»tertiäre Membran«) von dem Zellhohlraume aus einbiegend den ganzen Porencanal auskleidet und sich ununterbrochen in die Schliesshaut fortsetzt (Fig. 49). An manchen Stellen vereinigen sich die den Nachbarzellen angehörigen Lamellen mit einander zu einer einfachen Schliesshaut, an anderen bleiben sie etwas von einander getrennt und lassen eine röthlichgraue, schwach lichtbrechende Masse zwischengelagert erkennen. Die primäre Zellhülle setzt gewöhnlich schon etwas vor der geringen Erweiterung des Porencanals allmählig verlaufend oder kurz ab und wird durch die oben erwähnte Masse ersetzt (Fig. 49—52). Sie ist eben an den Stellen, wo die benachbarten correspondirenden Porencanäle aufeinandertreffen, aufgelöst worden und es erscheint deren Platz entweder durch die innerste secundäre Schichtlamelle in Form der einfachen Schliesshaut völlig ersetzt oder es lagert sich ihr Umbildungsproduct zwischen die mehr oder weniger einander nur genäherten, stark lichtbrechenden Lamellenstücke.

Behandlung mittelst der Zellstoff anzeigenden Reagenzien, ebenso mit Chromsäure bringen die in Betracht kommenden Verhältnisse durch die Verschiedenheit in der Färbung der Zellhülltheile noch schärfer zum Ausdruck. Unter längerer Einwirkung von Chlorzinkjodlösung färbt sich die wasserreichere secundäre Verdickung weinroth, die dichte innerste Lamelle blassgelb; die primäre Zellhülle wird höher gelb gefärbt und lässt nun deutlich ihre Unterbrechung

in dem Bezirk der Poren erkennen (Fig. 50). Vorher mit Kalilauge behandelte Schnitte zeigen nur insofern eine Aenderung in der Färbung, als die innerste Lamelle nun fast ungefärbt bleibt und nur einen bläulich violetten Hauch erkennen lässt (Fig. 51). Die stellenweise zwischen den Schliesshäuten verbleibende Masse erscheint in der Regel schmutzig braunröthlich gefärbt. Sehr charakteristisch treten auch die Endigungen der primären Zellhülle in der Nähe der stempelförmigen Erweiterung der Porencanäle bei Anwendung von Chromsäure hervor (Fig. 52).

Ein noch leichter als *Taxodium* zu behandelndes und den Sachverhalt in klarster Weise offen legendes Object bilden sehr dünne Querschnitte des Sameneiweiss der Palmen und des Collenchym mancher Gewächse, namentlich der Cacteen.

*Phytelephas micro- und macrocarpa*, *Phoenix dactylifera*, *Sagus Rumphii*, *Seaforthia elegans*, *Corypha australis*, *Arcca sapida* u. s. w. sind von mir in dieser Richtung untersucht worden und lieferten alle den in den Figuren 53 und 54 dargestellten ähnliche Resultate der Beobachtung. Besonders instructive (zur Demonstration und Beweisführung aufbewahrte) Objecte lieferten mir die Behandlung zarter Querschnitte durch das Sameneiweiss von *Phytelephas microcarpa* mit Kalilauge. Die vorher oft kaum sichtbaren primären Zellhüllen quellen unter dem Einflusse dieses Reagenzes in der ersten Zeit (später wird die Quellung, welche bei aufzubewahrenden Präparaten rechtzeitig unterbrochen werden muss, zu stark) etwas auf und heben sich, während zugleich die Intercellularsubstanz gelöst wird, entschieden von der stark aufquellenden weichen secundären Verdickung ab. Dabei bleiben die vorläufig nicht quellenden innersten, den Zellhohlraum, wie die Porencanäle auskleidenden und die Schliesshäute bildenden Lamellen überall da, wo diese auf dem frischen Querschnitt einfach erschienen, in vollem Zusammenhang (Fig. 55) und lassen keinen Zweifel an der Richtigkeit der oben schon erlangten Resultate aufkommen. Aehnliche Zwischenstufen treten bei der durch nicht zu stark verdünnte Schwefelsäure hervorgerufenen Quellung auf (Fig. 56).

Schwerer, als bei den vorgenannten Objecten, ist der Bau der einfachen Poren bei vielfach geschichteten Zellen mit sehr engen Porencanälen zu ermitteln. Aber auch hier lassen sich, wie die Figuren 51–57 zu der zweiten Abhandlung darthun, die Structurverhältnisse an recht dünnen Stellen guter Querschnitte noch sicher erkennen. Man sieht, dass die je jüngeren dichten Schichtlamellen in den Porencanal einbiegen, mit den je älteren in innigen Zusammenhang treten und so den Porencanal als zusammenhängende etwas wellige Linien auskleiden, während die je ältesten sich zur Schliesshaut gestalten. Deutlicher treten diese That-sachen an unter dem Einflusse von Schwefelsäure noch nicht zu stark gequollenen Zellen hervor (Fig. 57). Aehnliche Resultate, wie die vorgetragenen, welche sich vorzugsweise auf

den Querschnitt der die Gefässbündel umgebenden Faserzellen einer mexikanischen, nicht bestimmten Lycopodiumart beziehen, liefert die Untersuchung der stark verdickten Faserzellen aus der Rinde und der Umgebung der Gefässbündel einheimischer und tropischer Farnkräuter.

Der Verschluss der einfachen cylinderförmigen oder stempelförmig erweiterten Poren wird also nicht durch die primäre Zellhülle (Mittellamelle Hofmeister's u. A.), sondern durch die dichte innerste secundäre Schichtlamelle (»tertiäre Membran«) bewirkt.

Inwieweit diese sicher festgestellten und leicht zu controlirenden Thatsachen einen Schluss auf das Herkommen der Schliesshaut der Hofporen gestattet, muss ich einstweilen dem Ermessen des unbefangenen, sachkundigen Lesers überlassen. Ich für meinen Theil halte den früher (Flora 1874 und 1875) von mir gezogenen für berechtigt. Für mich selbst liegt die Sache ausserdem auf Grund meiner bezüglichen Untersuchungen klar. Ich habe aber noch diejenige Folge von Präparaten, die einem hier nicht so zufallen, beisammen, welche mir zum Beweise und zu einer Jedermann überzeugenden Demonstration des Sachverhaltes erforderlich erscheinen. Deshalb will ich für heute dieser Streitfrage denn auch nicht näher treten und dieselbe als noch nicht endgültig entschieden ansehen.

Darmstadt, Juni 1877.

---

## Erklärung der Abbildungen.

Bemerkung. Es bedeuten in allen Figuren:

<i>pr.</i> primäre Zellhülle,	<i>z.</i> Zwischensubstanz zwischen den radialen Hüllstücken der cambialen und jüngsten Bast- und Holzzellen,
<i>sa.</i> äussere (weiche) Schicht der secundären Verdickung,	
<i>si.</i> innere (dichte) Schicht der secundären Verdickung („tertiäre Membran“),	<i>p.</i> Pore,
	<i>i.</i> Intercellularsubstanz.

Wo nichts Besonderes bemerkt ist, sind die Figuren 500mal vergrössert.

### Zu III.

- Fig. 1. Schematische Darstellung eines der Nägeli-Hofmeister'schen Hypothese angepassten Querschnittes durch das sich entwickelnde Herbstholz der Kiefer (*Pinus silvestris*).
- Fig. 2. Querschnitt durch das Holz von *Pinus canariensis*. Die Figur ist insofern halb-schematisch als darin die an verschiedenen Präparaten gewonnenen Bilder in Bezug auf das optische Verhalten der „Mittellamelle“ combinirt sind.
- Fig. 3. Querschnittpartie aus dem Holze von *Pinus silvestris* in polarisirtem Lichte beobachtet.
- Fig. 4. Querschnitt aus dem Holze von *Pinus silvestris* in der Nähe eines Harzganges. Die Zellen erscheinen theilweise durch natürliche Mazeration getrennt.
- Fig. 5. Querschnitt durch die Cambiumregion von *Pinus silvestris*. Auf der rechten Seite sieht man, wie schon in der frühesten Jugend auch die tangentialen Hüllstücke aus den benachbarten primären Hüllstücken zusammengesetzt sind.
- Fig. 6. Der Hofmeister-Sachs'schen Anschauung entsprechende, schematische Figur des Mazerationsproductes eines Querschnittes von *Pinus silvestris*.
- Fig. 7. Querschnitt durch das Holz von *Pinus canariensis* mehrere Stunden lang bei gewöhnlicher Zimmer-temperatur (Sommer) dem Schulz'schen Mazerationsgemische ausgesetzt. Links die weniger intensive, rechts die intensivere Wirkung dargestellt, wie sie an dem Präparat beobachtet wurde.
- Fig. 8. Ein gleiches Präparat in polarisirtem Lichte beobachtet.
- Fig. 9. *A, B* und *C*. Dieselbe Stelle aus einem Querschnitte durch ganz junges Herbstholz von *Pinus silvestris* in den verschiedenen Stadien der Einwirkung von Chromsäure.
- Fig. 10. Querschnitt durch das Holz von *Pinus canariensis*. Derselbe wurde, nachdem er einige Zeit dem Schulz'schen Mazerationsgemische ausgesetzt und sorgfältig ausgewaschen war, mit concentrirter Schwefelsäure behandelt und zeigt von oben nach unten (*A—D*) die allmälige Wirkung derselben.
- Fig. 11. Schematisches Bild der Schwefelsäurewirkung nach der Hofmeister-Sachs'schen Darstellung.
- Fig. 12. Theil eines Querschnittes durch das jüngste und junge Holz von *Pinus strobus* während der regsten Neubildung.
- Fig. 13. Querschnitt durch junges und altes Holz der *Clematis vitalba* unter Chloazinkjodlösung.
- Fig. 14. Desgleichen aus dem Grundgewebe des Blüthenschaftes von *Gladiolus cardinalis* desgl.
- Fig. 15. Querschnitt aus dem Holze von *Pinus canariensis* nach der Mazeration in dem Schulz'schen Gemische mit Anilinlösung behandelt. Die Intercellularsubstanz theilweise schon der Lösung nahe, theils gelöst.
- Fig. 16. Desgleichen nach unterbrochener Mazeration mehrere Tage lang mit Chlorzinkjodlösung behandelt. *A—D* die Stellen verschiedengradiger Wirkung des Schulz'schen Gemisches.

- Fig. 17. Desgleichen nach Behandlung mit dem Mazerationsgemische, kalter Kalilauge und Chlorzinkjod.  
Fig. 18. Desgleichen mit theilweise freiliegendem Gerüste der Intercellularsubstanz.  
Fig. 19. Querschnitt durch altes Holz von *Pinus silvestris* nach der Mazeration, theilweise unter der Einwirkung von Chlorzinkjodlösung dargestellt.  
Fig. 20. Querschnitt aus dem in der Entwicklung begriffenen Herbstholze von *Pinus silvestris* in polarisirtem Lichte.  
Fig. 21. Querschnitt durch das Cambium, den jungen Bast und das junge Holz von *Pinus strobus*. Links Reaction auf Chlorzinkjodlösung, rechts Wirkung des Schulz'schen Gemisches.  
Fig. 22. Theil aus dem Querschnitte des jüngeren Holzes von *Pinus silvestris* mit Kalilauge gekocht und dann mit Jod und Schwefelsäure behandelt. In den jüngeren Zellen ist die Intercellularsubstanz gelöst.

#### Zu IV.

- Fig. 23. Längsschnitt durch das Herbstholz eines Astes von *Abies excelsa*; bei *a* Einstellung auf die obere, bei *b* auf die untere Wandfläche.  
Fig. 24. Desgleichen. *a* eine halbirte, *b* eine angeschnittene Zelle.  
Fig. 25. Zwei Zellen aus dem Längsschnitte des rothgefärbten Astholzes von *Pinus silvestris* (innerer Theil des Jahresringes); bei *a* Einstellung auf die Mittelebene des Hohlräumes, bei *b* auf die obere einfache Zellhüllhälfte.  
Fig. 26. Die Zellen aus einem ähnlichen Schnitte; bei *a* und *b* halbirte Zellen, von denen je die obere oder untere Zellhälfte erhalten war, *c* eine angeschnittene Zelle.  
Fig. 27. Theil einer isolirten Bastfaser von *Asclepias syriaca* bei Einstellung auf die Mittelebene des Zellhohlräumcs.  
Fig. 28. Desgleichen bei Einstellung auf die obere Zellhälfte, welche am Ende der durchrissenen Zelltheile stellenweise allein erhalten war.  
Fig. 29. Desgleichen bei Einstellung auf die untere Zellhälfte.  
Fig. 30. Längsschnittsansicht einer Bastfaser, an welcher die obere Hälfte durch den Schnitt hinweggenommen war.  
Fig. 31. Isolirte Bastfaser von *Nerium Oleander* bei Einstellung auf die Berührungsebene zweier Schichten-complexe.  
Fig. 32—35. Desgleichen bei den verschiedenen im Texte erwähnten Einstellungen.  
Fig. 36. Längsschnitt aus dem Herbstholze des Astholzes von *Abies excelsa* trocken und in Luft beobachtet.  
Fig. 37. Desgleichen von *Pinus silvestris*.  
Fig. 38. Isolirte dünnwandige Bastfaser von *Cynanchum Vincetoxicum*, wie oben.  
Fig. 39. Längsschnitt der spiralig gestreiften Astholzzellen von *Pinus silvestris* in Canadabalsam eingelegt. Bei *x* ein mit Luft angefülltes Faserstück.  
Fig. 40. Ein ähnliches Präparat von Schwefelkohlenstoff umhüllt.  
Fig. 41. Isolirte Bastfaser von *Asclepias syriaca* unter Schwefelsäure. Das untere Ende zeigt frei in die Flüssigkeit ragende Streifen der unteren Zellhüllhälfte.  
Fig. 42. Längsschnitt der gestreiften Holzfasern von *Pinus silvestris* unter gleichen Umständen.  
Fig. 43. Isolirte Bastfaser von *Asclepias syriaca* nach stärkerer Einwirkung etwas concentrirter Schwefelsäure.  
Fig. 44. Isolirte Bastfaser von *Nerium Oleander* in vorgereicktem Quellungsstadium an einer Bruchstelle beobachtet, wo sich die Spiralbänder aufrollen.  
Fig. 45. Längsschnitt von spiralig gestreiften Holzfasern der Fichte (*Abies excelsa*) unter starker Vergrößerung 1 : 2000.  
Fig. 46. Theil des Schiefquerschnittes einer spiralig gestreiften Holzfaser von *Pinus silvestris* Vergr. = 1 : 2000.  
Fig. 47. Theil des radialen Längsschnittes von demselben Objecte 1 : 2000.  
Fig. 48. Theil des schief gerichteten Längsschnittes durch eine Bastfaser von *Nerium Oleander*.  
Bei *a* scharfe Einstellung auf die Grenze der dunklen Querstreifen.  
Bei *b* weniger scharf, etwas tiefere Einstellung, wobei man die Schichten durchscheinen sieht.

Zu V.

- Fig. 49. Theil eines Querschnittes durch das Mark von *Taxodium distichum*.  
Fig. 50. Bruchstück einer Markzelle' unter Chlorzinkjodlösung.  
Fig. 51. Desgleichen nach vorhergegangener Behandlung mit Kalilauge.  
Fig. 52. Desgleichen unter Chromsäure.  
Fig. 53. Theil eines Längsschnittes durch das Sameneiweiss von *Phytelephas microcarpa*.  
Fig. 54. Querschnittpartie aus dem Collenchym von *Cereus spec.*  
Fig. 55. Querschnitt aus dem Sameneiweiss von *Phytelephas microcarpa* unter Kalilauge gequollen.  
Fig. 56. Theil einer längsdurchschnittenen Zelle desselben Objectes unter Schwefelsäure gequollen.  
Fig. 57. Theilstücke zweier benachbarten Zellen aus der Umgebung des Gefässbündels von *Lycopodium spec. mex.* unter Schwefelsäure gequollen.