

4312

Beiträge zur Anatomie der Schwarzföhre (*Pinus Laricio* Poir.).

Von

Dr. Joseph Moeller.

(Mit Tafel XIX—XXIII.)

I. Bau der Rinde.

An alten Stämmen erreicht die Rinde eine Mächtigkeit von 2 Cm. und darüber. Auf dem Querschnitte tritt eine regelmässige Schichtung sehr deutlich hervor durch derbe, hellfarbige Linien, die mit einander anastomosiren und breit elliptische, durch ihre lohgelbe Farbe und schwammige Beschaffenheit ausgezeichnete Rindenpartien umschliessen.

An radialen Längsschnitten gleicht das Bild der Borkeschichten sehr dem der Querschnittsansicht, nur sind die Ellipsen in axialer Richtung etwas mehr gestreckt. Die Borke fällt in papierdünnen, bis 3 Mm. dicken, flachmuscheligen, wellig conturirten, aschgrauen Schuppen ab.

Der an das Cambium grenzende Theil der Rinde umgibt ununterbrochen in einer etwa 3 Mm. dicken Lage den Holzkörper, haftet lose an ihm, fest dagegen an der äusseren Borkeschuppe. Die jüngste Rinde ist hell ockerfarbig, ausserordentlich schwammig und kann in beliebig langen, äusserst biegsamen Streifen abgezogen werden. Ihre innere Fläche ist mit einer geringen Menge farblosen Schleimes bedeckt, welcher (im Frühlinge) zufolge der mikrochemischen Reactionen aus Proteinsubstanzen besteht und frei von Stärke ist.

Unter dem Mikroskope (Tafel XXIII, Fig. 20) erweisen sich die derben Trennungswände der Borkeschuppen aus Steinzellen bestehend, denen nach innen die in Dauergewebe übergegangenen, äusserst dünnwandigen, oft schon zerrissenen Korkmutterzellen in drei und mehr Reihen anhaften. Die Entstehung der Borke und ihre Abstossung ist demnach sehr klar. Die Steinzellen sind unregelmässig von Gestalt, doch herrschen abgerundet-rechteckige, tangential-gestreckte Formen vor. Ihr Breitendurchmesser beträgt etwa 0.05, die Höhe 0.03 Mm. Die Verdickung ist beträchtlich (0.012 Mm.), hellgelb von Farbe, sehr deutlich geschichtet und von unverzweigten Porenkanälen durchzogen. Fast alle Steinzellen haben einen formlosen braunen Inhalt.

Das zwischen den Steinzellen lagernde Gewebe der Rinde besteht ausser den schon erwähnten, durch äusserste Dünnwandigkeit, Unregelmässigkeit und graue Färbung charakterisirten Korkzellen aus zwei Zellformen: aus 0.06 Mm. und darüber grossen, rundlichen Zellen, welche regellos angeordnet sind, und aus kleineren, verzogen rechteckigen Zellen

mit ausgesprochen radialer Anordnung. Alle Zellen sind frei von Inhalt, ihre Wände sind intensiv rothbraun gefärbt. Auf Längsschnitten zeigen die weiträumigen rundlichen Zellen eine die Breite um das Dreifache etwa übertreffende axiale Streckung, und neben ihnen befinden sich lange Fasern, deren Wände von zu Gruppen vereinigten Poren siebförmig durchbrochen sind.

Dies das Bild der völlig abgestorbenen Borke.

Die Borkebildung schreitet sehr rasch vorwärts und greift ungemein tief. Schon mit unbewaffnetem Auge konnte man erkennen, dass die letzte Steinzellenschichte nur 3 Mm. vom Holze entfernt ist und in der That besitzt die lebende Rinde im ganzen Umfange des Stammes keine grössere Mächtigkeit. Tafel XIX Fig. 2 zeigt im radialen Längsschnitt das Korkgewebe, dessen äussere Schichte in Sclerenchym verwandelt ist.

Die Zellformen der Innenrinde sind den in der Borke vorkommenden analog, nur sind sie in der lebenden Rinde in der ursprünglichen Anordnung und in unveränderter Form kenntlich. Die siebförmig getüpfelten Fasern bilden die Hauptmasse der Rinde. Sie stehen in radialen Reihen¹⁾, sind am Querschnitte rechteckig, tangential gestreckt. Vorzüglich trägt ihre den Markstralen zugekehrte Fläche die Siebplatten, weshalb sie an radialen Schnitten in der Flächenansicht (Tafel XIX Fig. 2, Tafel XXI Fig. 12), an tangentialen Schnitten (im Durchschnitt) in Form eines zierlichen Rosenkranzes erscheinen (Tafel XIX Fig. 4 s). Die Poren sind sehr fein, und ich konnte mich nicht vergewissern, ob sie durch eine Membran verschlossen sind oder nicht. Doch glaube ich das erstere, weil sonst auf sehr feinen Schnenschnitten wohl eine Störung in der Continuität bemerkbar sein müsste.

Zwischen diesen Elementen finden sich zerstreut oder in unterbrochenen tangentialen Reihen weite, am Querschnitte oft kreisrunde Parenchymzellen. Sie sind sehr dünnwandig, frei von Poren und enthalten ansehnliche Mengen rundlicher oder unregelmässig gestalteter, bis 0.012 Mm. grosser Stärkekörner. Manche Parenchymzellen sind zusammengefallen, ihre Membranen sind gelb gefärbt, und einem gleichfarbigen homogenen Inhalt ist meist ein grosses Prisma eingebettet. Die Siebröhren lassen keinen Inhalt wahrnehmen. Die Korkmutterzellen führen gleichfalls Stärke, die bereits verkorkten Zellen sind inhaltslos, die Steinzellen bis in die Porenkanäle hinein von bernsteingelber Substanz erfüllt. Die Membranen sämtlicher lebender Zellen werden durch Chlorzinkjod violett gefärbt. Es behalten demnach nach Einwirkung dieses Reagens bloß die Steinzellen, die abgestorbenen Korkzellen und die Krystall führenden Parenchymzellen ihre ursprüngliche Farbe. Die Intensität der Farbe nimmt nach aussen merklich ab. Doch lassen sich auch in den jüngsten Zellen bereits Spuren der Verholzung durch schwefelsaures Anilin nachweisen. Sie bekommen einen schwarzgelblichen Farbenton, der nach aussen allmählig in citronengelb übergeht bis die Steinzellen und die ausser ihr liegende Borke orange werden.

Spuren von eisengrünendem Gerbstoff sind in den Zellhäuten eben wahrnehmbar.

¹⁾ Die radiale Anordnung und die Querschnittsform der Siebröhren ist nur an Präparaten aus frischer Rinde kenntlich, welche allerdings von genügender Zartheit sehr schwer herzustellen sind, weil das höchst schwammige Gewebe sich vor dem Messer zurückzieht. Wird die Rinde nur 24 Stunden an der Luft liegen gelassen, dann ist die Schnittführung leicht; aber die Siebröhren sind zusammengefallen und quellen auch in kaltem Wasser nicht mehr vollständig auf. Sie gleichen in diesem Zustande dem Hornprosenchym der Autoren, bilden tangentiale, vielfach unter einander verbundene Stränge, in denen die Lumina als zarte wellige Linien erscheinen. In solchen Präparaten scheint die Menge des Parenchyms zu überwiegen, weil natürlich die geschrumpften Siebröhren einen kleineren Raum einnehmen. Dagegen tritt die schichtenweise Lagerung der Parenchymzellen und Siebröhren deutlich hervor, welche in Präparaten der frischen Rinde nur angedeutet ist (Tafel XIX Fig. 3).

In der ganzen mächtigen Rinde sucht man vergebens nach Harzkanälen ausser den in den Markstrahlen verlaufenden.

Nach oben zu verschmächtigt sich allmählig die Rindendecke durch Abnahme der Zahl der Borkeschichten sowohl wie ihrer Dicke. In der Gegend des zehn- oder zwölfjährigen Gipfelsprosses etwa pflegt die primäre Rinde noch in Spuren vorhanden zu sein. Eine in die Innenrinde vordringende Sclerenchymzellenlage hat die erste Borkenschuppe abgetrennt. In ihr findet man die ersten Harzgänge. Sie sind mitunter von beträchtlicher Grösse, 0.7 Mm. breit, 2 Mm. lang und darüber, ihre Gestalt nierenförmig oder elliptisch mit der grossen Axe parallel zur Oberfläche. Diese Grössenverhältnisse sind jedoch nicht gewöhnlich. Häufiger findet man kleinere elliptische Harzgänge, deren lange Axe etwa 0.6, deren grösster radialer Durchmesser 0.2 Mm. misst, wie die beiden in Tafel XX Fig. 8 u. 9 abgebildeten. Ihre Länge übersteigt nur selten einige Millimeter, nur hie und da trifft man nahe an Centimeter lange. Doch kann man sich in jedem Falle von ihrem natürlichen Ende überzeugen, welches bogenförmig abschliesst. Ihr Verlauf ist geradlinig, wodurch Anastomosen ausgeschlossen werden. Die von Mohl angegebenen Verbindungen mehrerer Rindenharzgänge unter einander und die Mündung mehrerer in einen Harzkanal kann ich für diese Holzart nicht bestätigen.

Die Innenwand der Harzgänge ist von einer dünnen Lage stark abgeplatteter Zellen ausgekleidet, deren zum Theil zerstörte Membranen in das Lumen ragen (Tafel XX Fig. 8 u. 9).

An diese schliesst sich nach aussen unmittelbar das grosszellige, bereits abgestorbene Rindenparenchym an. Der Ausweitung der Harzgänge in radialer Richtung setzt häufig nach innen die Steinzellenschichte eine Grenze, die, in ihrem Verlaufe weniger regelmässig, auch dem Harzgange eine abweichende Configuration gibt.

Die ersten Korklamellen bilden sich häufig in der Mittelrinde, woher es kommt, dass die Harzgänge gewöhnlich zwischen zwei Steinzellenschichten eingeschlossen sind.

Der ausschliessliche Sitz der Rinden-Harzgänge ist das Parenchym der Mittelrinde. Wenn die Borkenbildung in die Innenrinde vordringt und die primäre Rinde in Folge des Dickenwachsthums abgestossen wird, findet man in der Rinde keine Harzgänge mehr.

Die Harzgänge der Rinde haben demnach eine verhältnissmässig kurze Existenz. Da sie weder unter einander noch mit Elementen in Verbindung stehen, welche eine Communication ihres Inhaltes vermitteln könnten, und zugleich nach aussen münden, so ist eine spontane Entleerung derselben unmöglich.

Es gibt keinen physiologischen Harzfluss aus der Rinde. Alles Harz, welches an Rindenoberflächen angetroffen wird, muss aus Wunden stammen.

Die Harzgänge, wie wir sie vorhin beschrieben haben, befinden sich ausserhalb einer (oder mehrerer) Korkschichten, haben also bestimmt die Höhe ihrer Ausbildung erreicht.

Je jüngere Theile des Gipfeltriebes man durchforscht, desto frühere Phasen in der Entwicklung der Harzgänge kann man beobachten. Man kommt an eine Zone, wo die Korkbildung noch nicht im Gange ist, wo die Harzgänge von lebendem Gewebe umschlossen sind, wo die Gewebe und mit ihnen die Harzgänge noch nicht der tangentialen Zerrung unterworfen sind, wo die Harzzellen selbst von dem andrängenden Inhalt noch wenig gelitten haben, endlich, wo die Harzkanäle sich aus dem cambialen Gewebe zu differenzieren beginnen. Es geschieht dies sehr früh nach dem Erwachen der Vegetation; der Zeitpunkt lässt sich begreiflicherweise nicht genau festsetzen, und damit nicht allzu viele werthvolle Stämme der

Untersuchung dieser Vorgänge zum Opfer fallen und weil das Herabholen des Materiales mit manchen Schwierigkeiten verbunden ist, habe ich junge, fünf- bis zehnjährige Pflanzen gewählt, die mir in hinreichender Menge zur Verfügung standen.

Bevor ich an die Beschreibung der jüngsten Rindenharzzellen gehe, mögen einige Notizen über den Bau der primären Rinde, dem Sitze jener, hier Platz finden.

An Gipfeltrieben, welche ihre Streckung noch nicht vollendet haben, ist die Rinde von einer glatten, hellgelben Epidermis bedeckt. In den jüngsten Stadien sind die Epidermiszellen fast regelmässig quadratisch (diametral 0.02 Mm.), gleichmässig verdickt. Sehr frühzeitig tritt einseitige Verdickung auf, so dass die äussere, von einer ziemlich mächtigen Cuticula (0.003 Mm.) überzogene Wand um mehrfaches dicker als die innere (Tafel XIX Fig. 1) und deutlich geschichtet wird. Die unmittelbar unter der Epidermis liegenden drei bis vier Zellschichten, vorher von den übrigen Zellen der Mittelrinde nicht verschieden, beginnen nun sich gleichfalls zu verdicken, und zwar centripetal fortschreitend. Die äusserste Zellenlage hat vollständig den Charakter von Steinzellen, von Porenkanälen durchzogene Schichtung, angenommen; die nächstfolgenden Zellen zeigen die Charaktere in weniger ausgesprochener Weise und gelangen auch niemals dahin, dieselben vollkommen auszubilden. Dessenungeachtet mag dieses Stratum als sclerenchymatische Hypodermis schicht zusammengefasst werden. Die Zellen sind namhaft grösser als die Epidermiszellen, ihre Formen unregelmässig, ihr Verband nicht lückenlos. Das übrige Gewebe der Mittelrinde besteht aus kugeligen oder wenig verzogenen Zellen, unter denen in ziemlich regelmässigen Abständen die blattbürtigen Harzgänge vertheilt sind. Sie gleichen vollständig den später nach vollendetem Längenwachsthum auftretenden, der Rinde ausschliesslich angehörenden Harzgängen.

Die Innenrinde (Tafel XIX Fig. 1 J) besteht zum grössten Theile aus Siebröhren, die hier, wo noch keine Verschiebungen stattgefunden haben, in regelmässigen radialen Reihen stehen und nur hie und da von vereinzelt Parenchymzellen unterbrochen sind. An der Grenze der Mittelrinde (Tafel XX Fig. 6 u. 7) häufen sich die Parenchymzellen und in einzelnen kleinen Gruppen derselben treten neue Theilungen auf. Die Tochterzellen wachsen nicht zur Grösse der Mutterzellen heran, doch sind sie anfangs von ziemlich gleicher Grösse und sehr lose neben einander gelagert. Die im Mittelpunkte der Zellengruppe befindlichen Elemente weichen auseinander und die den so entstandenen Hohlraum umgebenden Zellen theilen sich weiter und werden zu eigentlichen Drüsenzellen. Das Secret derselben sammelt sich im Canale an und mag wohl zur Ausweitung desselben beitragen. Erst in den folgenden Jahren werden die den Harzgang umgebenden Zellen mit in die Harzmetamorphose gezogen, wie die alte Harzgänge auskleidenden Zellenreste und die Vergrösserung der ursprünglich im Mittel 0.2 Mm. im Durchmesser haltenden Harzgänge auf die bereits angeführten bis zehnfach grösseren Masse bezeugen. Es sind demnach die Rindenharzgänge schizogen, während, wie wir im nächsten Capitel sehen werden, die Harzgänge im Holze von allem Anfange her lysigen sind.

Zur Vervollständigung des anatomischen Bildes der Rinde muss ich noch anführen, dass schon gegen das Ende der ersten Vegetationsperiode die Peridermbildung anhebt. Knapp unter dem sclerenchymatischen Hypoderm etablirt sich ein Meristemgürtel, aus dem zunächst in centrifugaler Richtung eine Peridermschicht hervorgeht, deren äussere Zellen weiterhin zu Steinzellen werden.

Die Theilungen in centripetaler Folge treten später hinzu, häufig nachdem die ersteren bereits abgestorben sind, und man muss daher die Peridermbildung nach der Terminologie von Sanio als centrifugal-reciprok bezeichnen.

II. Das Vorkommen des Harzes im Holzkörper.

Zum Studium der Entwicklung der Harzgänge im Holze empfehlen sich die Basalthteile kräftig wachsender Stämme von 80 bis 90 Jahren. Bei älteren Stämmen ist der jährliche Zuwachs in der Regel schon sehr gering, und die Harzkanäle treten nur spärlich auf. Bei jungen Individuen sind, wie schon Sanio hervorgehoben hat, die Zellen kleiner, daher die Verfolgung der Theilungsvorgänge im Cambium schwieriger.

Aber nicht alle Stämme gleichen Alters und gleichen Bestandes eignen sich gleich gut für die in Rede stehende Untersuchung. Unter ihnen finden sich viele, welche die grösste Beharrlichkeit lahm zu legen im Stande sind, weil sie auf grosse Strecken keinen Harzgang bilden, und auf diese Weise die Chance ausserordentlich klein ist, aufklärende Präparate zu erhalten.

Man kann im Allgemeinen sagen, dass in breiten Jahresringen sich zahlreiche Harzgänge bilden. Diese Regel erleidet aber nicht gerade seltene Ausnahmen. Wenn man nur eine Querscheibe eines alten Stammes untersucht, findet man einzelne enge Jahresringe mit dicht gedrängten Harzgängen und relativ breite mit äusserst spärlichen Harzgängen. Vergleicht man den Holzring desselben Jahres an Bäumen von verschiedenen Standorten, so wird man neben der Verschiedenheit in der Breite des Zuwachses auch eine von dieser unabhängige Menge von Harzkanälen finden, so zwar, dass bei nahezu gleichem Zuwachs an dem einen Standorte zahlreiche, an dem anderen fast gar keine Harzgänge gebildet werden. Ja sogar an einzelnen Individuen desselben Standortes drängen sich dieselben Unterschiede der Beobachtung auf.

Daraus muss geschlossen werden, dass die Momente, welche den Zuwachs des Holzes und die Bildung der Harzgänge begünstigen, nicht allgemein wirksam sein mögen.

Dieselben meteorischen Einflüsse bringen auf denselben Standorten verschiedene Effecte hervor, und wenn man auch die lokal etwas verschiedenen Abweichungen der physikalischen und chemischen Eigenschaften des Bodens berücksichtigt und Altersverschiedenheiten ausschliesst, so muss man doch gegenüber der auffallenden Differenzen im Zuwachs schliessen, dass dieser in erster Linie von bisher unbekannten, vielleicht in der individuellen Organisation liegenden Ursachen bedingt wird.

Damit soll der Einfluss jener Factoren, deren Einfluss auf den Zuwachs durch tausendfältige Erfahrung festgestellt ist, nicht geleugnet, es soll nur darauf hingewiesen werden, dass dieser Einfluss nicht der dominirende ist und dass man nicht berechtigt ist, die Bäume als meteorologische Jahrbücher zu betrachten oder zum mindesten zu benützen; denn sind sie es auch, und es ist nicht zu bezweifeln, dass meteorische Einflüsse der Vegetation ein eigenartiges Gepräge verleihen, so sind wir doch weit entfernt, sie lesen zu können. Diese optimistische Auffassung muss übrigens schon die Betrachtung eines einzigen Jahresringes widerlegen, da dieser in der Regel an verschiedenen Stellen der Peripherie verschiedene Ausbildung zeigt. Man hat aber geglaubt, durch Vergleichung zahlreicher Objecte die individuellen Verschiedenheiten von den allgemeinen trennen zu können. Ist dies auch für viele Fälle mit Erfolg durchführbar, so gibt es doch viele Fälle, wo es unmöglich ist, wo eine nüchterne Betrachtung zu dem Schlusse führen muss, dass gegebene Wachstumsverhältnisse selbst mit Zuhilfenahme aller bekannten Daten nicht erklärt werden können.

So wenig man a priori angeben kann, welches Individuum zum Studium der Harzbildung zweckmässig sei, eben so wenig lässt sich der Zeitpunkt feststellen, in welchem die

Bildung der Harzkanäle anhebt. Auch darauf nehmen Witterungs-, Standorts- und individuelle Verhältnisse Einfluss, doch ist mir über das Mass jedes derselben nichts Näheres bekannt. Wohl trifft man in der Regel die Harzgänge in breiten Jahresringen näher dem Frühlingsholze, und in schwachen Zuwachsjahren sind die Harzgänge häufig die zuletzt entstehenden Gebilde, doch wäre es voreilig, daraus zu schliessen, dass in ersteren die Harzkanäle früher entstehen als in letzteren, so lange man über die Periode, in der die einzelnen Holzlagen sich bilden, nicht genau unterrichtet ist. Es kann ja möglicherweise noch ein sehr breiter Holzring entstehen, wenngleich die ersten Theilungen des Cambium spät angefangen haben oder es kann die Holzbildung ungewöhnlich früh zum Abschluss gelangen. Man wird daher einige (4—6) Wochen nach dem Erwachen der Vegetation anfangen müssen, die Cambialzone mit Sorgfalt zu untersuchen, und so lange fortzufahren, bis man die ersten Anfänge der Harzkanäle entdeckt. Bald darauf findet man sie auf verschiedenen Stufen der Entwicklung neben einander ¹⁾).

Die folgenden Beobachtungen sind einem am 13. Juli in den Staatsforsten Hinterbrühl gefällten Stamme entnommen. Der in diesem Jahre entstandene Holzring hatte bereits eine Mächtigkeit von 1.6 Mm. Die Frühjahrszellen waren vollständig ausgebildet. Ein allmählicher Uebergang leitete zu den Zellen hinüber, welche ihre Verdickungsschichten noch nicht vollkommen entwickelt hatten, und zu jenen, welche eben erst aus dem cambialen Zustande herausgetreten waren (Tafel XXI Fig. 11).

In dieser Zone entstehen die Harzgänge. Ihre ersten Anfänge können an Querschnitten nur mit Hilfe von Reagentien erkannt werden, weil die Querschnittsform der Harzzellen von jener der benachbarten Tracheiden anfangs gar nicht verschieden ist. Alle von dem Cambium sich abtheilenden Zellen beginnen zunächst in radialer Richtung zu wachsen, wodurch ihre anfangs rechteckige Form der quadratischen sich nähert. Zugleich erfolgt eine gleichmässige Verdickung der Wände.

Von da ab sondern sich die Zellen in zwei Gruppen, die in ihrer Weiterentwicklung einen durchaus verschiedenen Weg gehen. Die weitaus überwiegende Zahl von Zellen bildet sich zu Tracheiden um durch Anlage der secundären Verdickungsschichte, Ausbildung der Hoftüpfel und bald eintretende Verholzung der primären Membran. In kleineren Zellengruppen, welche vorher keinerlei Merkmal der Verschiedenheit darboten, bleiben aber jene Veränderungen formaler und substantieller Natur aus und statt ihrer treten andere auf. Sie werden zu Parenchymzellen, und es soll gleich bemerkt werden, dass dies die einzigen Parenchymzellen sind, welche überhaupt im Holze der Schwarzföhre vorkommen ²⁾. Ihre Querdimensionen stimmen mit denen der benachbarten Sclerenchymfasern überein, ihre Länge übertrifft die Breite um das vier- bis fünffache. Längenunterschiede, wie sie Dippel

¹⁾ Wenn man, wie oben als zweckmässig angeführt wurde, die Studien an der Stammbasis macht, müssen der Untersuchung zahlreiche Stämme zum Opfer fallen, die nicht immer zur Verfügung stehen dürften. Ich befand mich in der günstigen Lage, über ein ausserordentlich reiches Untersuchungsmaterial verfügen zu können, weil die k. k. forstliche Versuchsleitung zum Zwecke der Derbholz- und Formzahlbestimmungen einige tausend Stämme fällen liess. Ueberdies standen mir jüngere Pflanzen aus dem Mariabrunnergarten in unbeschränkter Zahl zu Gebote, von denen ich in passend erachteten Zeiträumen vom Monate April angefangen Exemplare ausheben liess.

²⁾ Ausgenommen die localen Anhäufungen von Parenchymzellen (Zellgänge Hartigs, Markflecken Nördlingers, Markwiederholungen von Rossmässler), die ich aber nicht als Erweiterung der Markstrahlen auffassen kann. Sie kommen an jeder Stelle des Jahrringes vor, sind durch ihre höchst unregelmässigen Formen, starke Verdickung und grobe Tüpfelung ausgezeichnet (Tafel XXII Fig. 19). Ihre periphere Ausdehnung erstreckt sich selten über einige Millimeter, und auch in senkrechter Richtung sind sie nicht weit zu verfolgen. Die Markstrahlen, welche sie durchkreuzen, ändern die Gestalt ihrer Zellen zu Gunsten der abnormen Formation ab.

bei den Harzzellengruppen der Tanne beschrieben hat, kommen nicht vor, eben so wenig Unterschiede zwischen inneren und äusseren Zellen. Ihre Wände bleiben dünnwandig und immer frei von jeder Art von Poren oder Tüpfeln. Die einzige Differenzirung von Schichten besteht darin, dass in den überdauernden Zellen die Primärmembran verholzt und dadurch von der secundären Verdickungsschichte unterscheidbar wird.

Der radiale Längsschnitt (Tafel XXI Fig. 12) zeigt einen solchen Parenchymstrang zwischen Cambium einer- und jungen Tracheiden anderseits.

Die Parenchymzellen aus einem älteren Harzgeänge in der Stammbasis einer fünfjährigen Kiefer sind in Tafel XXII Fig. 17 dargestellt, wie sie zufällig durch zarte Schnittführung isolirt wurden. Kaum entstanden, beginnt schon die rückschreitende Metamorphose in einem Theile dieser Parenchymzellen. Noch ehe die Trennung der Primärmembranen in den benachbarten Tracheiden nachweisbar ist, vor der vollendeten Ausbildung der Tüpfel zeigt sich schon eine auffallende Verschiedenheit in der chemischen Zusammensetzung der Tracheiden und der Parenchymzellen. Jene werden durch Anilin rasch und intensiv geröthet, schwefelsaures Anilin färbt sie gelb und Chlorzinkjod färbt sie violett. Die Parenchymzellen bleiben unter Einwirkung von schwefelsaurem Anilin farblos, Anilin nehmen sie nur schwer und in geringer Menge auf, Chlorzinkjod bringt sie unter Violettfärbung zur beträchtlichen Quellung.

Der Theil eines Querschnittes durch den dreijährigen Trieb einer siebenjährigen Pflanze am 3. Juli erläutert einige der angeführten Thatsachen vortrefflich (Tafel XXIII Fig. 22). Die Zellen, welche später der Verharzung unterliegen, sind durch ihre Form von den gleich-alterigen Nachbarzellen nicht zu unterscheiden, wohl aber durch ihr Verhalten zu Anilin. Sie haben diesen Farbstoff eben so wenig angenommen wie die Zellen des Cambium und die jüngsten Holzzellen. Die Zellen, welche in der Figur durch Harztropfen bedeckt sind, erwiesen sich nach Lösung des Harzes in Alkohol zum Theile zerstört; sie sind nach innen geöffnet.

Durch diese Reactionen sind die zur Bildung eines Harzganges prädestinirten Zellengruppen auch auf Querschnitten zu unterscheiden. Bald darauf bedarf es hiezu der mikro-chemischen Hilfsmittel nicht mehr. Während die Tracheiden sich weiter entwickeln und mit ihren derben Wänden festgefügte Reihen bilden, werden die an sich schon zarten Parenchymmembranen immer weicher, verschieben sich gegen einander, falten sich und bekommen so unregelmässige Conturen; aber einen Intercellulargang habe ich nie entstehen gesehen. Unterdessen macht auch die chemische Umsetzung der Substanz rapide Fortschritte; einzelne Zellen schwinden aus dem Complexe. Dabei ist sehr merkwürdig, dass die Metamorphose der Membranen mit der Altersfolge der Zellen, nicht parallel geht. Es sind immer die innersten Zellen einer Gruppe, welche zuerst zerstört werden, und mitunter entstehen auf diese Art Gänge, die von scheinbar wohl erhaltenen, d. h. ohne Zuhilfenahme von Reagentien kaum noch als verändert erscheinenden Zellen, umgeben sind. Einen solchen Gang stellt Tafel XXI Fig. 11 dar. Die Zellen, welche ihn vor Kurzem noch ausfüllten, sind vollkommen geschwunden. Solche Bilder würden für eine schizogene Entstehung der Harzgänge zu deuten sein, wenn nicht der Harzgang h_2 in derselben Figur und h in Tafel XXI Fig. 10 seine Entstehung durch Lösung von Zellen, erläutern würden. h_2 in Tafel XXI Fig. 11 zeigt, wie die Zellen an ihren Berührungsflächen auseinander weichen und einen glattrandigen Kanal bilden können, während in Tafel XXI Fig. 10 die Reste der Zellen als kurze, in das Lumen ragende Stümpfe noch kenntlich sind. Die einzelnen Phasen der Metamorphose, soweit sie sich auf den Chemismus bezieht, näher zu verfolgen, ist bei unseren dürftigen

Kenntnissen über den Chemismus der Zellen überhaupt und bei den dürftigen Hilfsmitteln der Mikrochemie zur Zeit unmöglich. Es müssen tief greifende und energische Veränderungen sein, welche in kurzer Zeit den Celluloseleib der Zellen in Harz verwandeln; aber es gelingt nicht, die Zwischenglieder zu kennzeichnen. So lange überhaupt noch Spuren von Membranen vorhanden sind, reagieren sie auf Zellstoff; sind die Zellen zerstört, so findet man an ihrer Stelle neben spärlichen Protoplasmaresten harzige Substanzen. Besser sind die Veränderungen der Form zu verfolgen. Die Zellenwände vermehren ihr Volumen auf Kosten der Dichte, denn sie werden im hohen Grade durchsichtig und blass, bis sie ohne Zuhilfenahme von färbenden Substanzen ganz unsichtbar werden. An solchen Zellen kann man noch durch Chlorzinkjod eine dünne kleisterartige Masse im Zusammenhang mit der Zellwand und in die weniger veränderten Theile derselben allmähig übergehend, nachweisen.

Der nicht seltene Fund loser Zellen im Harz gange scheint dafür zu sprechen, dass die Zwischensubstanz der Zellen zuerst angegriffen wird, dass also die Metamorphose centripetal fortschreitet. Auch bei der Behandlung mit Chlorzinkjod nimmt die Intensität der Färbung nach aussen ab. Andererseits findet man aber häufig Zellen im Verbande mit ihren Nachbarn, und nur ihre gegen das Lumen gekehrten Membranthteile sind zerstört. Bei älteren Harzgängen ist dies sogar der regelmässige Befund.

In Tafel XXII Fig. 15 ist der Tangentialschnitt durch einen sehr jungen, unmittelbar an das Cambium grenzenden Harz gang abgebildet. Der Gang, dessen linke Seite weggefallen ist, erscheint von einer unversehrten Parenchymschichte p_1 ausgekleidet. Die sie begrenzenden Parenchymzellen haben ihre Membranen zum Theile eingebüsst.

Mit der ungemein rasch eintretenden Destruction der Parenchymzellen vor vollendeter Ausbildung der Tracheiden contrastirt auffallend die sehr verlangsamte weitere Ausbildung des Harzganges. So wie die Cambiumzellen zum Holze übertreten, beginnt die Zerstörung der Parenchymzellen. Man findet im jüngsten Holze niemals eine unversehrte Harzzellengruppe; dagegen bieten von da ab die Harzgänge Jahre hindurch ein wenig verändertes Bild.

Ein Harz gang der letzt verflossenen Vegetationsperiode zeigt einen centralen Hohlraum, der keine eigenen Wände besitzt, der vielmehr unregelmässig umgrenzt wird von Zellen, die durch ihre verzogene Gestalt und durch dünnere Membranen von den umgrenzenden Tracheiden auf den ersten Blick verschieden sind, sich von ihnen weiterhin auch durch den Mangel der Schichtung und jeglichen Reliefs unterscheiden (Tafel XXII Fig. 13 und 16). Die an den Hohlraum grenzenden Membranen sind häufig zerrissen, so dass der Innenraum der Zellen mit dem Harz gange communicirt (Tafel XXIII Fig. 23, 24), in selteneren Fällen (Tafel XXII Fig. 13) sind die Randzellen geschlossen, wohl nur zum Theile, wie die Längsschnitte durch den Harz gang lehren.

In dem durch den Längsschnitt eröffneten Harz gange (Tafel XXII Fig. 14) zeigt sich der Inhalt hauptsächlich aus farblosen, scholligen Massen bestehend, nebenher Tropfen verschiedener Grösse und eine feinkörnige Substanz. Die letztere besteht aus Eiweisskörpern (Protoplasmaresten). Salpetersäure, Jodlösung färbt sie gelb, Zucker und Schwefelsäure roth. Die Tröpfchen und Schollen sind ätherisches Oel und Harz. Wässrige Jodlösung färbt sie intensiv citronengelb; in kaltem Alkohol lösen sie sich sofort und spurlos. Legt man Schnitte, nachdem sie durch Alkohol extrahirt worden waren, in Chlorzinkjod, so bemerkt man neben den gelb gefärbten Protoplasmamassen violett gefärbte Reste von Zellmembranen, die vorher wegen ihrer Zartheit und Farblosigkeit der Beobachtung sich entzogen hatten. Durch dieses Reagens erkennt man auch (Tafel XXIII Fig. 21), dass die Primärmembranen der Harzzellen

verholzen, dass sie aber im Verlaufe der Metamorphose, wenn auch vielleicht nicht auf Cellulose zurückgeführt werden, doch eine chemische Umwandlung erfahren, vermöge welcher sie mikrochemisch auf Zellstoff reagieren.

Der Inhalt der Harzgänge und Zellen wechselt übrigens nach der Jahreszeit und nach ihrer Entwicklungsphase. In den jüngsten und den noch uneröffneten Randzellen ist Protoplasma der ausschliessliche, wenigstens durch Reagentien allein nachweisbare Inhalt. Zu ihm gesellt sich sehr bald das Product der metamorphosirten Zellwand in Form von Tröpfchen. Sie bestehen ursprünglich wohl aus ätherischem Oel und confluiren häufig zu grösseren Tropfen, als welche sie frei im Harzgange liegen oder die Wand desselben belegen. Indem sie verharzen, legen sich die Tröpfchen an einander ohne zusammenzufließen, platten sich gegenseitig ab und erscheinen dann als schollige Massen, die gleichwohl an ihrem Lichtbrechungsvermögen und an ihrem Verhalten zu Lösungsmitteln als Harz zu erkennen sind.

Da in Zellen mit beträchtlich arrodirtten Wänden und selbst in alten Harzgängen noch Protoplasma Reste angetroffen werden, scheint es mir wahrscheinlich, dass Protoplasma als Material für die Harzbildung bedeutungslos ist.

Neben diesen constanten Inhaltsstoffen der Harzgänge tritt in ihnen zur Zeit der ruhenden Vegetation noch Stärke auf. In Tafel XXIII Fig. 23 ist ein Harzgang im Herbstholze des vorjährigen Triebes im Monate März abgebildet. Der Schnitt befindet sich in alkoholischer Jodlösung, der harzige Inhalt ist gelöst, Stärke und Protoplasma erhalten. Auch in den Zellen des Harzganges einer jungen Wurzel am 30. März (Tafel XXII Fig. 13) befinden sich Stärkeeinschlüsse.

Das Vorkommen von Amylum in den Harzgängen liefert den unumstösslichen Beweis, dass die Zellen, ebenso wie die Markstrahlzellen, als Reservestoffbehälter dienen, so lange sie der Verharzung nicht anheimfallen. Sie dienen also noch vitalen Functionen.

Während der Vegetationsperiode verschwindet die Stärke in den Harzgängen wie in den anderen Reservestoffbehältern, und es liegt am nächsten, anzunehmen, dass die Stärke ihrer Aufgabe, als Baumaterial für neue Zellen zu dienen, zugeführt werde. Die Möglichkeit dieser Annahme auch für die im Winter Stärke führenden Harzzellen hat Dippel zugestanden, zugleich aber behauptet, dass ein Theil der Stärke während der Vegetationszeit in flüssiges Oel verwandelt wird, welches die Zellwände diffundirt, später verharzt und in den Harzgängen abgelagert wird. Die Zerstörung der den Harzgang constituirenden Zellen hält er für einen secundären Process, und die Hauptmasse des Harzes entsteht nach ihm nicht aus den Zellwänden, sondern aus Stärke.

Nach dieser Erklärungsweise erhält man alljährlich neues Material für die Harzbildung, was besonders für die harzreichen Bäume wichtig ist, bei denen das Missverhältniss zwischen der Menge des producirtten Harzes und den zerstörten Zellmembranen augenfällig ist. Es darf aber bei der Werthschätzung dieser Hypothese, die doch wesentlich auf einer theoretischen Deduction beruht und ihre Stütze in der einzigen Thatsache findet, dass an dem Orte, wo früher Stärke war, sich später Harz befindet, nicht übersehen werden, dass die Umwandlung der Stärke in Harz bisher in keiner Phase gesehen wurde, dieselbe vielmehr ganz unvermittelt in ihren Endgliedern zur Anschauung kommt.

Dagegen ist die allmälige Zerstörung der Zellmembranen in den Harzgängen der Beobachtung direct zugänglich, und für die Harzgänge der Schwarzkiefer stelle ich die Entstehung des Harzes aus Zellwänden in den Vordergrund. Wie könnte man sonst das Auftreten des Harzes in den jüngsten, eben aus dem Cambium differenzirten Harzgängen

verstehen, wie die Coincidenz der zerstörten Parenchymzellen deuten? Wir kennen die Stärke nur in geformtem Zustande und zur Zeit der ersten Anlage der Harzgänge ist sie weder im Cambium noch in seinen Abkömmlingen vorhanden. Man wäre genöthigt anzunehmen, dass dasselbe Bildungsmaterial Zellhäute und ätherisches Oel producirt, und dass das letztere eine destruierende Wirkung auf erstere äussere. Der Widersinn in dieser Anschauungsweise liegt auf der Hand. Natürlicher ist die Annahme, dass die Parenchymzellengruppe, welche zum Harzgange umgestaltet werden soll, ihrem Ziele dadurch ehemöglichst zugeführt wird, dass ihre Elemente der rückschreitenden Metamorphose bald nach ihrer Entstehung unterliegen und an Analogien für ephemere Organe und Gewebe fehlt es nicht.

Dagegen muss ich gleich hier meiner Ansicht Ausdruck geben, dass die weitaus überwiegende Menge des Harzes, welches in der Schwarzkiefer unter physiologischen Verhältnissen gebildet wird, sowie desjenigen, welches in geharzten Stämmen luxuriirend entsteht, nicht auf Kosten der Zellmembranen gestellt werden kann. Ich werde später, wenn ich vom Auftreten des Harzes ausserhalb der Harzgänge berichten werde, auf diesen Punkt ausführlicher zurückzukommen haben.

Von da ab nimmt die Entwicklung des Harzganges, d. h. die Zerstörung der Parenchymzellen einen sehr schleppenden Verlauf, welcher mit der anfänglichen Beschleunigung auffallend contrastirt. Bis in das höchste Alter findet man noch Parenchymzellen als theilweise Auskleidung der Kanäle. Da die angrenzenden Tracheiden nicht, wie sonst gewöhnlich die Elemente in der Umgebung von Harzgängen, in ihrer Form oder Ausbildung beeinflusst werden, sondern ihre polygonale Querschnittsform und ihre radiale Anordnung beibehalten, so ragen ihre Kanten in den Harzgang vor, und dieser stellt demnach keinen glattwandigen Kanal vor, sondern mag kanellirt bezeichnet werden.

Sehr gewöhnlich verfallen nicht alle einen Harzgang constituirenden Parenchymzellen der Harzmetamorphose, der Process bleibt stehen und der Harzgang bietet dann ein vom vorigen wesentlich verschiedenes Bild. Sein Querschnitt ist fast regelmässig kreisrund. Die dem Lumen zunächst liegenden Parenchymzellen sind wie die in der Höhle selbst noch vorfindlichen Zellenreste stark arrodirt, zusammengedrückt bis zur Berührung der Wände. Auf diese folgt im Umkreise eine bis vier Zellen mächtige Schichte scheinbar unveränderter Parenchymzellen. Die Menge des angesammelten Harzes beeinträchtigt die Klarheit des Bildes. Einige Minuten langes Liegen in kaltem Alkohol genügt zur Aufhellung. Lässt man dann Chlorzinkjod einwirken, dann zeigt sich, dass die Parenchymzellen doch im Laufe der Zeit eine wesentliche Veränderung erfahren haben. Die im Jugendzustande ins violett färbende Innenauskleidung derselben ist nicht mehr vorhanden, die ganze Membran färbt sich gleichmässig gelb, in derselben Nuance wie die Primärmembranen der Tracheiden (Tafel XXIII Fig. 24). Auch Anilin nehmen sie jetzt lebhaft auf. Das Verschwinden dieser secundären Auflagerung lässt eine doppelte Deutung zu. Entweder sie verholzt wie die Primärmembran und bildet mit dieser ein weder optisch noch chemisch als Schichte unterscheidbares Ganzes, oder sie wurde im Stoffwechsel aufgebraucht. Die Art des Vorganges bei der Zerstörung der centralen Parenchymzellen, wo die Membran in toto der Verflüssigung verfällt, spricht gegen die letztere Annahme. Dagegen ist es durchaus zulässig zu glauben, dass die Verholzung der Membranen, wie so oft, vollständig wird. Damit ist zugleich ihre Betheiligung an der Harzbildung ausgeschlossen.

Ueber die Vertheilung und Menge der Harzgänge lässt sich im Allgemeinen sagen, dass sie im Frühlingsholze fehlen, im Herbstholze sowohl im inneren als im äusseren Theile

angetroffen werden, nicht selten sogar mit zu den letzt gebildeten Elementen einer Vegetationsperiode gehören. Breite Jahresringe sind in der Regel reicher an Harzgängen als schmale. Damit hängt es zum Theile gewiss zusammen, dass die ersten Jahresringe reich an Harzgängen sind, und dass diese in dem engringigen Astholze äusserst spärlich angetroffen werden. Ich sage zum Theile, denn es sind offenbar noch andere als das Wachsthum begünstigende, heute noch unbekannte, wir sagen in der Organisation liegende Momente thätig, die zur Bildung von Harzkanälen führen. Wie anders wäre der auffallende Reichthum des engringigen Wurzelholzes an Harzgängen verständlich? Man könnte auch glauben, dass nicht so sehr die Breite des Jahresringes als die des Herbstholzes auf die Entwicklung der Harzgänge von Einfluss sei. Aber in dieser Beziehung verhalten sich Ast- und Wurzelholz übereinstimmend, indem in beiden das relative Verhältniss zwischen Herbst- und Frühlingsholz zu Gunsten des ersteren steht, und doch verhalten sie sich entgegengesetzt in Beziehung auf die Menge der Harzgänge.¹⁾

Es bedürfte dieser extremen Beispiele nicht, um zu zeigen, dass die Bedingungen nicht zusammenfallen, welche einerseits den Holzzuwachs, anderseits die Entstehung der Harzgänge begünstigen, wie aus der oben ausgesprochenen Regel oberflächlich gefolgert werden dürfte. Es wurde schon oben angeführt, dass auch breite Jahresringe nicht selten arm an Harzgängen angetroffen werden. Schlechte Zuwachsjahre sind mitunter der Bildung von Harzgängen günstig. Trotz dieser Ausnahmen und trotzdem sie sich in manchen Fällen dermassen häufen, dass durch sie die Regel unkenntlich wird, muss doch festgehalten werden, dass die Entwicklung der Harzgänge in einer gewissen Abhängigkeit vom Jahreszuwachs steht.

Der Verlauf der Harzgänge ist durch die Richtung der Tracheiden bestimmt, mit andern Worten die Ursachen, welche die Wachstumsrichtung der Tracheiden bestimmen, sind auch für die Parenchymzellen massgebend. Man ersieht dies am einfachsten daraus, dass die Harzgänge an Spaltflächen ohne Unterbrechung zu verfolgen sind, nicht selten schon mit unbewaffnetem Auge, immer unter der Loupe, nachdem man die Fläche mit Anilin gefärbt hat. Man erfährt auch auf diese Weise die bedeutende Länge der Harzkanäle. Ich habe sie auf grossen Spaltflächen von einer Querschnittsebene zur entgegengesetzten ziehend gesehen, und war verführt zu fragen, ob sie nicht durch die ganze Länge des Stammes (selbstverständlich zur Zeit ihrer Entwicklung) verlaufen? Die Frage kann ich nun bestimmt verneinen. Auf jeder Spaltfläche findet man neben den durchlaufenden auch endigende Harzgänge. Da diese aber möglicherweise geknickt sein können, sind sie nicht beweisend. Auch durch Schnitte kann man sich die Ueberzeugung von den natürlichen Enden der Harzgänge nicht verschaffen, weil der Schnitt dem Verlaufe des Kanals nicht zu folgen vermag. Der Kanal ist wohl häufig durch die ganze Länge eines mehr als Centimeter langen mikroskopischen Schnittes zu verfolgen, oder er ist an einem oder auch an beiden Enden abgeschlossen; aber man erkennt deutlich, dass der Abschluss nur durch eine geänderte Richtung des Verlaufes, sei es des Schnittes oder des Kanales, vorgetäuscht wird, oder der Kanal stösst auf einen Markstrahl, und scheint einen Abschluss zu finden, indem er sich nicht in verticaler Richtung verlängert, sondern den Markstrahl minirt, oder endlich er übersetzt den Markstrahl und verbreitet sich zugleich über ihn (Tafel XXII Fig. 14, 16, 18).

¹⁾ Diese Beziehungen sind eingehend erörtert in der folgenden Abhandlung: „Zur Anatomie der Schwarzföhre“ von W. Riegler.

Durch solche Befunde wird es nur wahrscheinlich gemacht, dass die Harzgänge endlich begrenzt sind. Volle Sicherheit erhält man aus der Thatsache, die ich auf Grundlage folgender theoretischen Betrachtung fand.

An überständigen Stämmen ist der Zuwachs sehr gering. Verfolgt man einen der jüngeren Jahresringe von der Basis bis in die Krone, so nimmt seine Breite stetig zu. In den engen Jahrringen der Stammbasis ist oft auf weiten Strecken kein Harzgang zu entdecken, während die Gipfelsprossen sich ähnlich wie junge Pflanzen verhalten und reich an Harzgängen sind. Es müssen daher die hier entstandenen Harzgänge irgendwo ihren Lauf nach abwärts beschliessen. In der That findet man in günstigen Harzjahren die Wipfeltheile reich an Harzgängen und eine stetige Verminderung derselben, je mehr man sich der Basis nähert.

Eine unmittelbare Verbindung der Harzgänge unter einander kommt nicht vor, und da sie sich auch über die durch die ursprüngliche Anlage gegebenen Dimensionen nicht vergrössern, so wäre eine Communication derselben nicht möglich, wenn die Markstrahlen nicht eine solche vermitteln würden. Es bedarf wieder nur eines Blickes auf eine radiale Spaltfläche; jeder Längsschnitt lehrt, dass die langen Harzkanäle sich mit zahlreichen Markstrahlen kreuzen. Die in letzteren selbständig sich entwickelnden Harzgänge, sowie die consecutive Verharzung ihrer Elemente vermitteln ein System der Canalisation, welches trotz seiner Einfachheit geradezu alle Harzgänge mit einander verbindet und eine Entleerung derselben unter bestimmten Bedingungen durch zahlreiche horizontale Auslaufhöhlen (alle Markstrahlen münden peripher) ermöglicht.

Ich habe schon oben flüchtig erwähnt, dass die einen Harzgang umgebenden Tracheiden in die Harzmetamorphose nicht mit einbezogen werden. Selbst da, wo alle oder doch die meisten Parenchymzellen verharzt sind, zeigen die Tracheiden unveränderte Conturen, keine Arrosion ihrer äusseren, von Harz umspülten Membranthteile. Diese Erscheinung an sich widerstreitet der Annahme, dass die Membranen der Tracheiden das Material für die Harzbildung liefern. Nun ist aber allgemein bekannt, dass die Kernbildung in der Schwarzföhre zum nicht geringen Theile auf Rechnung der Verharzung zu setzen ist, und ein Schnitt aus dem Kernholze zeigt alle Elemente erfüllt von Harz und die Membranen damit imprägnirt. Woher rührt dieses Harz?

Schon in den allerjüngsten Jahresschichten findet man an Querschnitten Nester von Tracheiden, vorzüglich in der Umgebung der Harzgänge, aber auch entfernt und unabhängig von ihnen, welche von wasserhellem, ätherischem Oele erfüllt sind. Hier wo die harzführenden Elemente in der Minderzahl sind, könnten Zweifel entstehen, ob die Flüssigkeit an dem Orte angetroffen wird, den sie vorher eingenommen hatte, ob sie nicht etwa aus den Harzgängen herausgeflossen und über den Schnitt vertheilt worden sei. Ich war darauf bedacht, ein Mittel ausfindig zu machen, um diese Zweifel zu zerstreuen, und suchte das Harz zu verseifen und dadurch zu fixiren. Ich brachte grössere Stücke des Holzes in verschiedene alkalische Lösungen, erwärmte sie zum Theil gelinde (erhitzt durften sie nicht werden wegen der sonst unvermeidlichen, beträchtlichen Locomotion des schmelzenden Inhaltes), liess sie durch einige Wochen in der Kälte stehen — der Erfolg war ein geringer. Die Schnitte, in fettem Oele untersucht, liessen wohl dieselbe Vertheilung des Zellinhaltes erkennen, aber seine Löslichkeitsverhältnisse thaten nicht mit Bestimmtheit dar, dass die Verseifung geglückt war.

Je ältere Jahresringe man untersucht, desto reichlicher findet man das Harz in den Zellen, und in dem Kernholze ist kaum ein Element frei von demselben, wenn es auch

häufig, namentlich in dem weitlumigen Frühlingsholze, nur einen dünnen Wandbeleg bildet. Sehr viele Tracheiden und Markstrahlzellen sind aber vollkommen erfüllt von dem nunmehr hellgelb gefärbten, flüssigen Harze. Das Kernholz ist bekanntlich nicht allein durch seine abgeänderte Farbe (die Frühlingslagen sind rothbraun, das Herbstholz entschieden roth gefärbt), sondern auch durch veränderte physikalische Eigenschaften ausgezeichnet. So ist es namentlich ungleich härter, dichter und spröde geworden. Die Ansicht geglätteter Schnittflächen und mehr noch der splitterigen Spaltflächen weist darauf hin, dass auch die Substanz der Zellen von Harz imprägnirt sein müsse, und doch gelingt der mikroskopische Nachweis dieser Metamorphose kaum.

Farbenunterschiede, im durchfallenden Lichte von der Dicke des Schnittes mehr beeinflusst als von der Natur des Objectes, sind nicht zu verwerthen. Die Membranen sind vollkommen unversehrt, die Primärmembranen scharf abgegrenzt, die innerste Auskleidung glatt. Chlorzinkjod färbt jene gelb, diese blass-violett, weniger intensiv und langsamer bei unbedeutender Quellung als die Membranen des Splintholzes.

Die Verharzung der Membranen kann man sich in doppelter Weise vorstellen. Entweder es werden bestimmte Moleküle, seien es Cellulose, Xylogen oder dergleichen Moleküle, direct in Harz verwandelt, oder das Harz lagert sich zwischen die Moleküle, vielleicht mit Verdrängung ihrer Wasserhüllen, aber ohne sie selbst zu verändern.

Im ersten Falle, wenn Membranthteile die Harzmetamorphose erleiden, muss durch Extraction des Harzes die Membran an Molekülen ärmer werden. Diese Verarmung an Molekülen könnte durch Schrumpfung der Membran manifestirt werden. Wir könnten uns vorstellen, dass die physikalischen Eigenschaften der übrigbleibenden Moleküle nicht alterirt worden seien, dass diese einander genähert wurden in Folge des Ausfallens der früher zwischen sie gelagerten Moleküle. Wir sind auch durch nichts zu der Annahme berechtigt, dass die Molecularattraction zwischen den unveränderten Molekülen zu wirken aufgehört habe, und doch beweist das Ausbleiben der Schrumpfungerscheinungen nach Extraction des Harzes nicht, dass die Zellwand von der Harzmetamorphose ausgeschlossen sein müsse; denn aus Formelementen können mancherlei Bestandtheile extrahirt werden (Granulose aus Stärkekörnern, Holzstoff aus allen verholzten Zellen u. dgl. m.), ohne eine merkliche Verminderung ihres Volumens zu erfahren. Es können andere Veränderungen im molekularen Bau einen räumlichen Ausgleich herbeigeführt haben, ja wir kennen sogar Beispiele, dass durch das Extractionsmittel eine Raumvermehrung (Quellung) eintritt. So lange uns der Einblick in die näheren Ursachen dieser Erscheinungen verschlossen ist, sind wir nicht berechtigt, das Ausbleiben der Schrumpfung bei der Extraction des Harzes aus Membranen so auszulegen, dass feste Bestandtheile der Zellwand nicht entfernt worden sein könnten, so wenig ein positives Ergebniss (Auftreten der Schrumpfung) zur gegentheiligen Deutung bemüssigen würde.

Wenn man harzreiche Schnitte (aus dem Kernholze) auf dem Objectträger der Einwirkung von absolutem Alkohol aussetzt, erfolgt rasche Lösung der in den Zellen angesammelten Harzmassen. Die Zellwände bleiben anscheinend unverändert. Die sorgfältigsten Messungen unter starken Vergrösserungen lassen keine Veränderung in den Dimensionen wahrnehmen. Legt man nun die Schnitte in einen Tropfen Chlorzinkjod, so erfolgt die bekannte Färbung der einzelnen Membranthteile lebhaft und rasch unter namhafter Quellung der inneren Schichten, die sich im beengten Raume falten und wulstig in das Lumen ragen (Tafel XXIII Fig. 24), genau so als hätte man die Reaction an einem Splintholzpräparate geübt.

Dass die Erscheinungen der Chlorzinkjodreaction in harzreichen Membranen in geringem Grade und sehr verspätet auftreten, könnte damit erklärt werden, dass die interstitiellen Harzhüllen dem Eindringen des Reagens Widerstand leisten, aber eben so gut dadurch, dass die (stellvertretenden) Harzmoleküle auf das Ausdehnungsstreben der benachbarten unverharzten Moleküle hemmend wirken. Bedenkt man aber, dass nach der zweiten Erklärungsweise die Reaction unter allen Umständen weniger markant auftreten müsste, weil die Zahl jener Moleküle, welche durch Chlorzinkjod merkbar beeinflusst werden, bedeutend verringert ist; berücksichtigt man weiter das Verhalten in absolutem Alkohol, so gewinnt die Vermuthung an Raum, dass keinerlei feste Theile der Zellhaut in Harz verwandelt worden seien.¹⁾ Vielmehr erscheint die Vorstellung als berechtigt, nach welcher die Verharzung in der Weise vor sich geht, dass das die Moleküle der lebenden Zellwand umspülende Wasser durch Harz ersetzt wird.

Es ist für uns irrelevant, mag übrigens vorläufig kaum zu entscheiden sein, in welcher Form das Wasser in den Zellhäuten vertheilt ist, ob eine wirkliche Verdrängung des Wassers stattfindet, oder ob das Harz zwischen die aus anderen Ursachen ihrer Wasserhüllen bereits beraubten Moleküle tritt.

Immerhin können wir uns denken, dass durch das eindringende Harz die molekularen Kräfte keinerlei Störung erfahren, dass dasselbe das Wasser vollkommen substituirt. Dieser Gedanke scheint mir durchaus natürlich, da die Molekulartheorie auf den Gegensatz fester und flüssiger Moleküle aufgebaut ist, und sowie die festen Moleküle unbeschadet ihrer chemischen Zusammensetzung identische molekulare Wirkungen äussern, so mögen auch andere Flüssigkeiten an Stelle des Wassers fungiren.

Wird dieses zugegeben, dann ergibt sich unmittelbar, dass durch Lösung des zwischen den Molekülen eingelagerten Harzes jene keine Umlagerung erleiden, dass die aus ihnen aufgebaute Membran einfach ihrem Jugendzustand näher gerückt wird.

Eine hypothetische Erklärung der näheren Vorgänge bei der Verharzung des Holzes mag vielleicht als überflüssig erachtet werden. Schädlich ist sie gewiss nicht, so lange man ihre hypothetische Natur im Auge behält, und sie scheint mir sogar zweckmässiger, als wollte man in der nackten Thatsache Genüge finden. Als Thatsache muss ich aber hinstellen, dass lebende Holzzellen für Harze undurchdringlich sind. Die Zellen des Splintholzes sind zu Zeiten mit ätherischem Oele erfüllt, ihre Membranen zeigen aber keine Spur von Verharzung. Es müssen Veränderungen in der Constitution der Zellenwände eintreten, sollen diese von ätherischem Oele imprägnirt werden. Da wir aber die Verharzung überall Platz greifen sehen, wo die Lebensthätigkeit gestört oder vernichtet ist, so müssen jene Veränderungen als pathologische bezeichnet werden.

Sind nun die Zellmembranen, mit Ausschluss der oben erwähnten Fälle, an der Bildung des Harzes nicht theilhaft, bleibt nichts übrig, als das Harz aus dem Zellinhalte entstehen zu lassen. Wir finden das Harz in Zellen, von welchen wir sicher wissen, dass sie als Reservestoff-

¹⁾ Man könnte mir den Einwand machen, dass die mikrochemischen Reagentien viel zu unbeständig in ihrer Wirkung überhaupt und im Ausmasse ihrer Wirkung seien, als dass man, gestützt auf dieselben, einen so folgenschweren Schluss ziehen dürfte. Ich will auch nicht für die Unfehlbarkeit meiner Deduction eintreten, aber ich würde es für ein Unrecht halten, eine nach hundertfachen Beobachtungen constant auftretende Erscheinung unberücksichtigt zu lassen, weil derselben möglicherweise andere unbekannte und unergründliche Ursachen zu Grunde liegen.

behälter dienen, aber auch in solchen, welche ausserhalb der vitalen Functionen stehen. In jenen ist das Harz blos Zellinhalt, in diesen erfüllt es auch die intramolekularen Räume.

Nur in jenen entsteht aus Reservestoffen das ätherische Oel (Harz) welches wir in so grossen Mengen in den abgestorbenen Theilen des Stammes finden, und welches bei Verwundungen des Stammes sich entleert. Auf welchem Wege gelangt aber das ätherische Oel in die verharzenden Theile oder nach aussen, da doch die lebenden Zellwände für dasselbe impermeabel sind? Ein Durchtritt durch die Hoftüpfel ist nicht möglich, seitdem Sanio ihre Verschlussmembranen gezeigt hat. Aber es gibt nur wenige Tracheiden, welche nicht an irgend einer Stelle mittelst Lochtüpfel mit einer Markstrahlzelle in Verbindung ständen, und für diese Art von Tüpfeln habe ich bereits in meinen „Beiträgen zur vergleichenden Anatomie des Holzes“ sowohl das Vorhandensein, als auch die Resorption der Membranen angegeben. Durch diese stehen alle Elemente des Stammes in offener Communication, wie man wohl ohne Uebertreibung sagen kann, und so wird die Menge des Harzes verständlich, die aus Wunden strömt, eine Menge, wie sie unmöglich allein aus den tatsächlich verletzten Zellen hergeleitet werden könnte.

So lange die Zellen leben, beschränkt sich der Strom des ätherischen Oeles nur innerhalb der Lumina; mit dem Tode der Zellen erst werden auch ihre Wände durchdringbar. Niemals findet man deshalb im lebenden Splintholze verharzte Membranen. Das in ihm entstandene und alljährlich wieder entstehende ätherische Oel durchsickert das wasserarme Kernholz, dessen Masse sich stetig vergrössert, welches geradezu als Lagerstätte des Harzes bezeichnet werden kann.

Einige bekannte Erscheinungen, die man bisher durch verschiedene Hypothesen zu erklären versucht hat oder die gänzlich unverstanden blieben, lassen nunmehr eine ungezwungene Deutung zu.

An gefällten Stämmen sieht man bald die blossgelegten Holzflächen auch im Splinte von Harz imprägnirt. Die Verharzung dringt immer tiefer, in dem Masse, als das Holz trocknet, und schliesslich ist der Stamm durchaus verharzt. Durch Verdunstung des ätherischen Oeles ist diese Erscheinung nicht zu erklären, obwohl diese gewiss auch stattfindet. Vielmehr erhält das Holz dadurch die harzige Beschaffenheit, dass das vorher im Lumen eingeschlossene ätherische Oel nunmehr die Zellwände durchdringt, ¹⁾ und wahrscheinlich wird auch ein Theil des im Kernholz aufgespeicherten Harzes wieder an die Peripherie abgegeben, wie ich aus dem Umstande schliessen möchte, dass die Kernholzgrenze undeutlich wird, und dass die Verharzung weniger augenfällig ist an Stämmen, welche noch kein Kernholz gebildet hatten, oder an den vom Kern abgelösten Splintholzstücken.

An den zum Zwecke der Harzgewinnung angeplätzten Stämmen verharzt der mit der entblössten Stelle correspondirende Sector des Stammes, während die angrenzenden Theile des Holzes die Eigenschaften des Splintes beibehalten. Der Durchtritt des Harzes kann als Ursache der Verharzung nicht angesehen werden, weil das Erfülltsein oder die Passage keinen Unterschied begründen kann und zahlreiche harzerfüllte Zellen nicht verharzt sind. Durch die Ablösung der Rinde wird aber der zugehörige Theil des Holzes getödtet und damit wird die Filtration des ätherischen Oeles erst ermöglicht. Die angeplätzten Stellen liefern nur in der laufenden Vegetationsperiode reichlich Harz, schon im folgenden Jahre sinkt die Ergiebigkeit auf ein Minimum. Offenbar weil in dem abgestorbenen Gewebe

¹⁾ Darauf beruht auch die Verharzung von Trockenästen.

keine Reservestoffe, kein Bildungsmaterial mehr abgelagert wird, dasselbe daher auf den Zufluss von entfernteren Bezirken angewiesen ist, welcher überdies durch die inzwischen eingetretene Verharzung der Membranen erschwert wurde.

Es ist unleugbar, dass die Harzproduction durch das Harzen der Bäume gesteigert wird; denn nicht selten liefern Bäume 50 Kgr. und mehr Harz und sind dann noch harzreicher als gleichalterige, nicht geharzte Nachbarn. Ich lege mir diese Erscheinung so zu recht, dass ich mir die gesetzte Wunde als Reiz wirksam denke, der einen vermehrten Zufluss von Bildungsmaterial veranlasst, und stütze mich dabei auf die Analogie beim Wiederersatz verloren gegangener Gewebe, bei der Narbenbildung. Es darf dabei nicht übersehen werden, dass der Reiz sich alljährlich wiederholt, dass er von dem vorausgegangenen durch eine Periode der Ruhe getrennt ist, und dass der in der Gesammtheit so beträchtliche Ueberschuss an Harzproduction die Summe der in einer langen Reihe von Jahren erzielten kleineren und wohl begreifbaren Ueberschüsse darstellt.

Die Harzproduction steigert sich in den ersten Jahren bis etwa gegen die Mitte der Harzungsperiode und sinkt allmähig gegen das Ende derselben. Ich weiss nicht, ob diese bei der österreichischen Methode der Harzung gewonnene Erfahrung auch für andere Harzungsverfahren giltig ist. Es dürfte nicht der Fall sein, wenn meine Vermuthung über die Ursache derselben richtig ist. Die Harzausbeute eines Jahres summirt sich aus zwei Portionen. Die eine besteht aus dem im Holze bereits gebildeten Harze, welches sofort nach dem Anplätzen auszufließen beginnt, und die andere wird erst im Laufe der Vegetationsperiode gebildet; bezeichnen wir dieses als periodisches, jenes als Reserveharz. In den ersten acht bis zehn Jahren der Harzung werden nahezu gleich mächtige Stammtheile angeplätzt, die Gebiete, aus denen Reserveharz strömen kann, werden stetig vermehrt, und das periodische Harz erfährt bei dem sichtlich ungestörten Gedeihen des Baumes keine Abnahme. Gelangt man später mit dem Anplätzen in die schwächeren Regionen des Stammes, in denen das Kernholz weniger oder noch gar nicht ausgebildet ist, und an denen die Plätzfläche naturgemäss kleiner sein muss, so nimmt die Menge des Reserveharzes ab, und auch die Neubildung mag schon merklich eingeschränkt sein, da man, ohne inconsequent zu sein, zugeben muss, dass Verletzungen bestimmten Grades Störungen des Allgemeinbefindens hervorrufen, während dieselben Verletzungen geringeren Grades wohl locale Reactionen veranlassen, aber den Organismus nicht weiter in Mitleidenschaft ziehen.

Dass das aus hoch gelegenen Plätzstellen gewonnene Harz zum grösseren Theile aus periodischem, zum geringeren Antheile aus Reserveharz besteht, scheint mir auch die der Erfahrung entnommene Thatsache zu bestätigen, dass das gegen Ende der Harzungsperiode gewonnene Product zwar quantitativ gering, qualitativ aber werthvoller, d. i. reicher an Terpentinöl ist, und dies selbst dann noch, wenn das Harz nach der österreichischen Methode am Grunde des Stammes aufgefangen wird, nachdem es auf dem nicht selten 10 Meter langen Wege gewiss einen nennenswerthen Theil des ätherischen Oeles durch Verdunstung verloren hat. Es wären durch nichts begründete Hypothesen, wollte man annehmen, dass durch den lange fortgesetzten Insult, und ebenso, dass in den oberen Stammtheilen oder selbst in der Krone das Assimilationsprodukt verändert würde. Wenn wir doch thatsächlich aus jüngeren Theilen ein an flüssigen Bestandtheilen reicheres Harz gewinnen, so ist der Grund dafür, dass in jenen das ätherische Oel gewissermassen in statu nascenti enthalten ist, während es in älteren Stammtheilen normal verharzt. Ich habe schon oben des wasserhellen ätherischen Oeles im Splintholze und des gelben Harzes im Kernholze erwähnt.

An den Stirnflächen frisch gefällter Stämme tritt das Harz alsbald in Tröpfchen aus, und nach einigen Stunden erscheint die Splintlage von einer continuirlichen Harzlage bedeckt, so dass es den Anschein hat, als wäre der Splint harzreicher als der Kern. Zu demselben Trugschluss kann man gelangen, wenn man einige Zeit im Walde lagernde Klötze oder die in Sammlungen vorhandenen Querscheiben alter Stämme betrachtet, deren Splintzone in der Regel von einer Harzkruste bedeckt ist. Durch Wegschneiden eines dünnen Scheibchens überzeugt man sich jedoch, dass der Harzreichtum des Splintes nur scheinbar ist, da er schon in der Tiefe von Bruchtheilen eines Millimeters aufhört. Weil aber das Harz im Splintholze sehr dünnflüssig ist, so tritt es leicht aus den durch den Schnitt eröffneten Harzgängen und Tracheiden aus, während das zähflüssige und in den Zellwänden abgelagerte Harz im Kernholze einer Locomotion grösseren Widerstand entgegensetzt.

Fragen wir zum Schlusse nach dem Mechanismus der Harzausscheidung, so haben wir nur einige bereits erörterte Thatsachen zusammenzufassen, um befriedigende Antwort zu erhalten.

Es ist zunächst festzuhalten, dass die Harzkanäle dabei eine untergeordnete Rolle spielen; wären sie nicht vorhanden, wären an ihrer Stelle Tracheiden, die Harzbildung und der Harzfluss würden kaum in bemerkenswerther Weise modificirt werden. Wenn man von ihrer Entstehung absieht, erfolgt weiterhin die Harzbildung in ihnen ebenso und ist von den nämlichen Bedingungen abhängig wie in den Tracheiden.

Nur vermöge der in ihrer Weitlichkeit begründeten grösseren Wegsamkeit sind sie den Tracheiden gegenüber im Vorthail.

Als eigentliche Ausflussöffnungen fungiren die Markstrahlen, die mit allen unzählbaren, harzerzeugenden Elementen in Verbindung stehen. Deshalb ist für die Schwarzföhre jene Methode der Harzgewinnung die rationellste, nach welcher möglichst viele Markstrahlen geöffnet werden, wie durch das Plätzen thatsächlich geschieht.

Für die Wahrheit dieser theoretischen Deduction spricht zunächst das in Einzelheiten modificirte, im Wesentlichen aber identische Verfahren, welches aller Orten geübt wird. Zum weiteren der folgende Versuch:

In einem Schwarzföhrenbestande, in dem seit einigen Jahren die Harzung mit gutem Erfolge betrieben wurde, suchte ich zwölf bisher ungeharzte, gleichalterige Stämme aus und harzte sie nach der für Lärchen gebräuchlichen Methode. Alle Stämme wurden mit einem zollbreiten amerikanischen Bohrer bis über das Centrum angebohrt und gut verspundet. Die Bohrlöcher befanden sich in verschiedener Höhe des Stammes, von der Basis bis über Brusthöhe, sie verliefen nach verschiedenen Richtungen und hatten eine wechselnde Neigung zum Horizont.

Der Versuch wurde im Frühlinge inscenirt und nach sechs Wochen die erste Inspection vorgenommen. In den eröffneten Bohrlöchern fand sich eine so geringe Menge äusserst zähflüssigen, fast trockenen Harzes, dass es nur mit Mühe herausgescharrt werden konnte. Von einem Harzausflusse im strengen Sinne war keine Rede, vielmehr bildete das Harz nur eine Kruste an den Wänden der Kanäle. Die folgenden Inspectionen ergaben dasselbe negative Resultat.

Es scheint mir nach diesen Ergebnissen sehr wahrscheinlich, dass gewichtigere Ursachen, als die von Mohl angegebenen, Veranlassung sind, dass Föhren und Lärchen nach verschiedenen Methoden geharzt werden. Diese Ursachen mögen durch die Art der Entstehung oder des Transportes des Harzes bedingt werden. Ich werde die Frage in Bälde zu entscheiden versuchen.

Die Ansicht von Mohl, dass das Ausfliessen des Harzes bei den Föhren nur durch die Harzkanäle, und beim Durchschneiden derselben stattfindet, scheint freilich durch den Augenschein bestätigt zu werden, indem beim Plätzen zunächst das Harz aus den Kanälen in Tropfen austritt. Aber eben nur „zunächst“ wegen der grösseren Menge des in ihnen enthaltenen Harzes. Aber eben so gut tritt aus den durchschnittenen Tracheiden das Harz sofort aus, freilich in mit freiem Auge unsichtbaren Tröpfchen, sichtbar erst nachdem sie als zusammengeflossene Schichte die Lachte überziehen. Die weitaus grössere Menge der nicht verletzten Tracheiden entleert ihren Inhalt vermittels der Markstrahlen. Dies ist der Vorgang im lebenden Holze. In dem abgestorbenen Holze, und der Tod tritt im Bereiche der Lachte bald ein, braucht es überhaupt keiner Communicationswege. In ihm bilden die Membranen nur das Hinderniss eines Filtrums, welches überwunden wird.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel XIX.

- Fig. 1. Querschnitt durch die Rinde des vorjährigen Gipfeltriebes einer zehnjährigen Pflanze. *E* = Epidermis; *H* = hypoderme Steinzellen; *P* = Periderma; *M* = Parenchym der Mittelrinde mit dem Harzgange *h*; *I* = Innenrinde, zum grössten Theile aus Siebröhren bestehend, mit vereinzelt Parenchymzellen *p*; *m* = Markstrahl.
- Fig. 2. Radialschnitt durch die jüngste Rinde auf der Basis eines mehr als 100jährigen Stammes. *st* = Steinzellen; *K* = abgestorbene Korkzellen, die schon im vorigen Jahre aus den Korkmutterzellen *m* durch Theilungen in centrifugaler Richtung entstanden waren; *K*₁ = lebende Korkzellen jüngster Bildung; *p* = Rindenparenchym; *s* = Siebröhren; *k* = krystallführende Parenchymzelle.
- Fig. 3. Querschnitt durch die Innenrinde im trockenen Zustande, um die zusammengefallenen Siebröhren schichtenweise, mit Parenchym wechselnd, zu zeigen.
- Fig. 4. Tangentialschnitt durch die Innenrinde an der Stammbasis. *m* = Markstrahl mit einem Harzgange; *p* = stärkeführendes Parenchym; *k* = krystallführendes Parenchym; *s* = Siebröhren.

Tafel XX.

- Fig. 5. Radialer Längsschnitt durch die Cambialzone an der Stammbasis einer 7jährigen Pflanze am 30. März. *t* = vorjähriges Herbstholz; *c* = Cambium; *s* = Siebröhren; *p* = Parenchym der Innenrinde; *m* = Markstrahl.
- Fig. 6. Ein in Bildung begriffener Harzgang. *M* = Parenchym der Mittelrinde; *I* = Innenrinde mit Siebröhren *s*, Parenchym *p* und Markstrahl *m*; *c* = Cambium; *H* = Herbstholz.
- Fig. 7. Erste Entstehung des Harzganges. Bedeutung der Buchstaben wie in Fig. 6.
- Fig. 8 und 9. Alte Harzgänge in der Borke des 12jährigen Gipfelsprosses eines mehr als 100jährigen Stammes.

Tafel XXI.

- Fig. 10. Cambialzone am 13. Juli mit dem Harzgange *h*, in dessen Lumen die Stümpfe der zerstörten Zellen ragen. *t* = junge Holzzellen; *r* = junge Rindenzellen.
- Fig. 11. Querschnitt durch das jüngst entstandene Holz am 13. Juli mit den Harzgängen *h*₁ und *h*₂.

Fig. 12. Ein dem vorigen correspondirender radialer Längsschnitt. t = junge Tracheiden; h = Parenchymzellen des Harzganges; t_1 = tüpfelfreie Tracheiden; c = Cambium; I = Innenrinde mit Parenchym und Siebröhren.

Tafel XXII.

Fig. 13. Harzgang im Herbstholze einer jungen Pflanze. Das Präparat ist in Alkohol gekocht; in den Parenchymzellen befindet sich Stärke (30. März).

Fig. 14. Harzgang im jüngsten Jahresringe einer 7jährigen Pflanze unter Glycerin. Erklärung des Zellinhaltes siehe im Texte. (pg. 174).

Fig. 15. Tangentialer Längsschnitt durch das junge Holz. p = unverletzte Parenchymzellen eines Harzganges, p_1 = dieselben zum Theile zerstört; m = Markstrahl. (Alkoholpräparat.)

Fig. 16. Harzgang des zweijährigen Sprosses einer jungen Pflanze im radialen Längsschnitt

Fig. 17. Isolierte Tracheiden und Harzzellen aus einem in Alkohol gekochten Schnitte.

Fig. 18. Radialer Längsschnitt aus der Basis einer 5jährigen Pflanze am 30. März. Ein Harzgang vom Markstrahl unterbrochen.

Fig. 19. Abnorme grobgetüpfelte Parenchymzellen im Herbstholze.

Tafel XXIII.

Fig. 20. Querschnittspartie aus der Borke an der Basis eines 100jährigen Stammes. I = Innenrinde mit Parenchym und Siebröhren; S = Steinzellen; K = vertrocknete Korkzellen.

Fig. 21. Tracheiden und Harzgangzellen in Chlorzinkjod nach vorausgegangener Extraction in Alkohol.

Fig. 22. Querschnitt durch das jüngste Holz eines 3jährigen Triebes am 3. Juli mit einem Harzgang. Anilinpräparat.

Fig. 23. Alter Harzgang aus der Stammbasis einer 5jährigen Pflanze in Jodlösung (März).

Fig. 24. 86jähriger Harzgang in Chlorzinkjod nach vorheriger Behandlung mit kaltem Alkohol.

Fig. 25. Junger Harzgang (wie h_2 in Fig. 11 Tafel XXI) nach Behandlung mit Chromsäure und Chlorzinkjod.

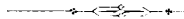


Fig. 1. (210).

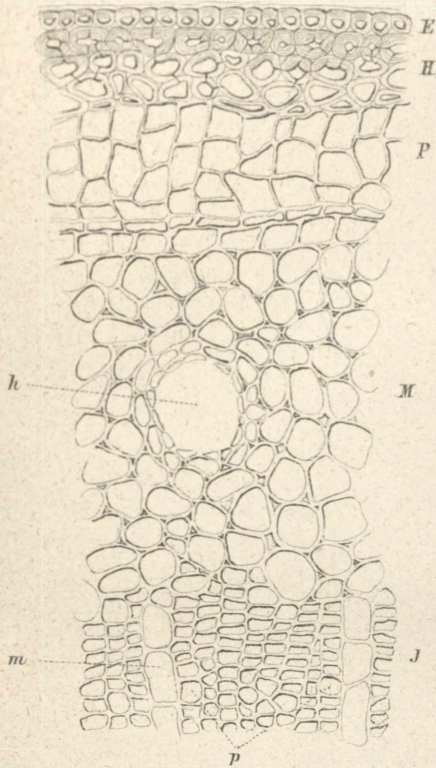


Fig. 2. (350).

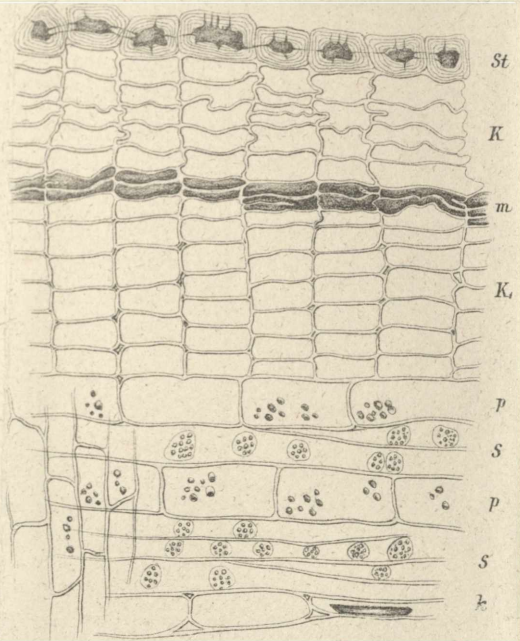


Fig. 3. (350).

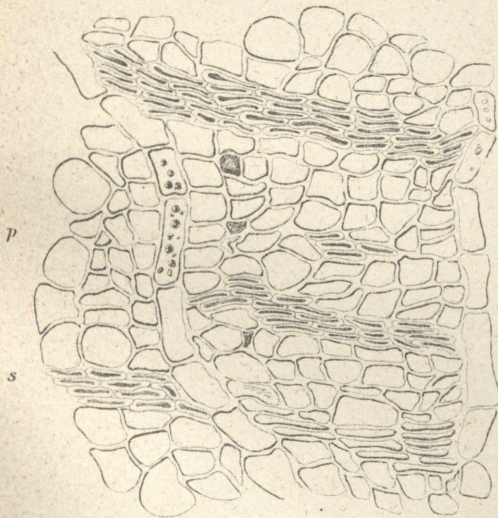


Fig. 4. (350).

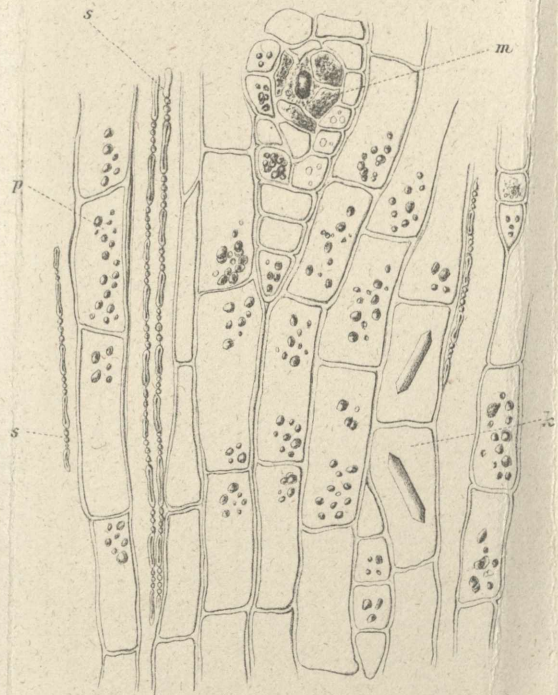


Fig. 5. (350).

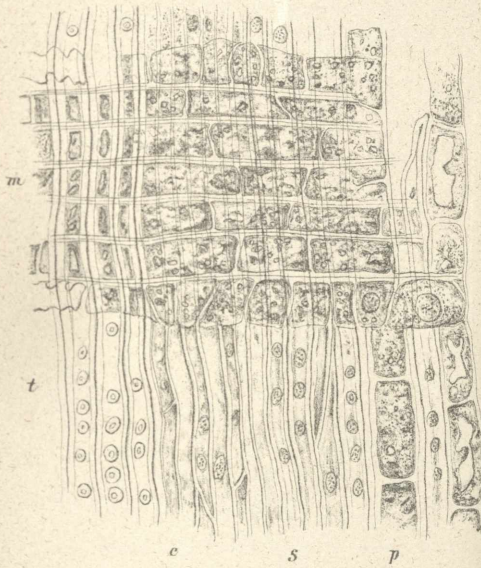


Fig. 6. (350).

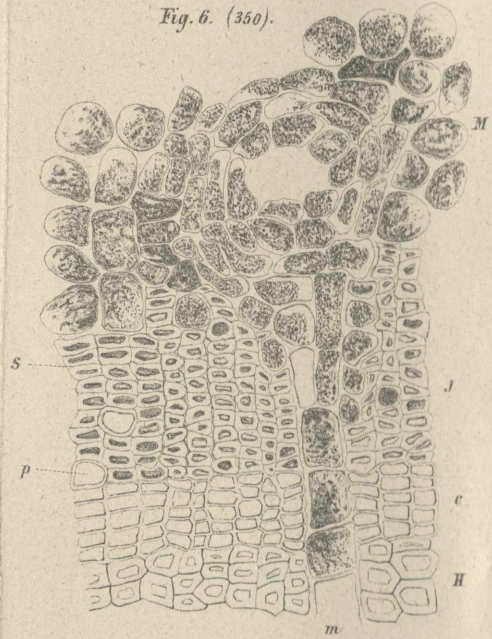


Fig. 7.

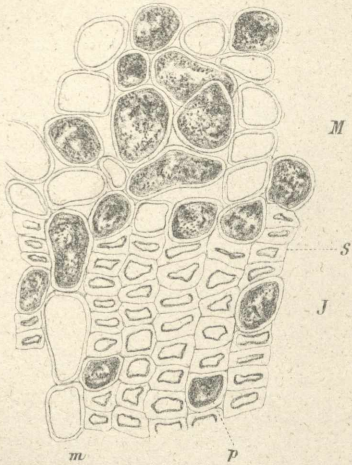


Fig. 8. (120).

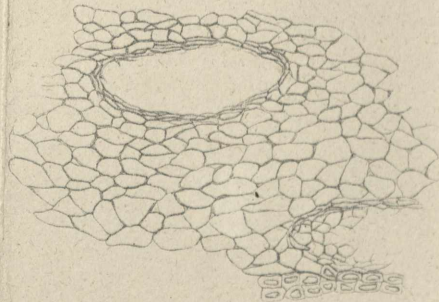


Fig. 9. (120).

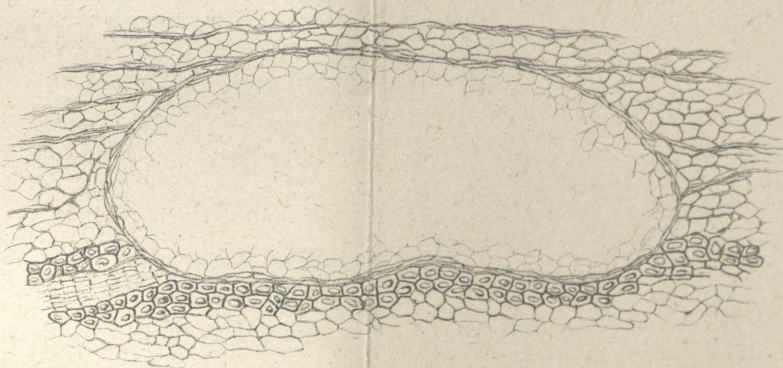


Fig. 10. (550).

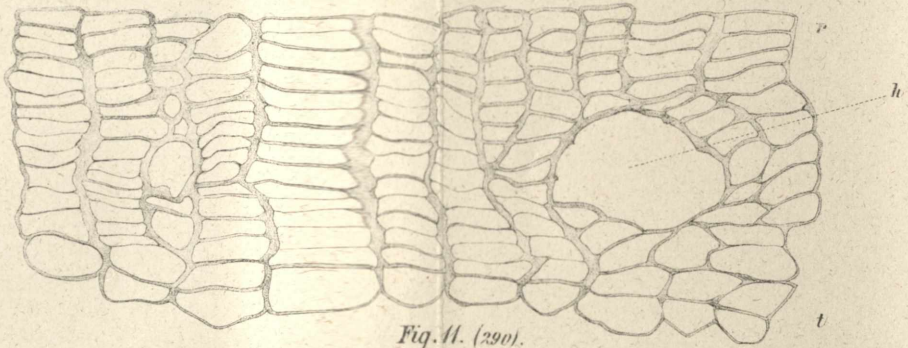


Fig. 11. (290).

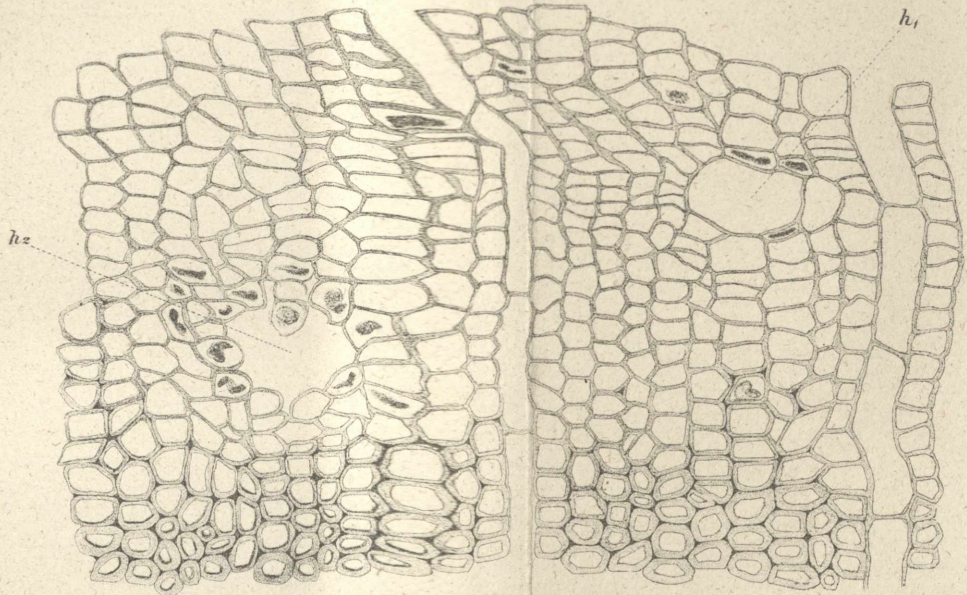


Fig. 12. (350).

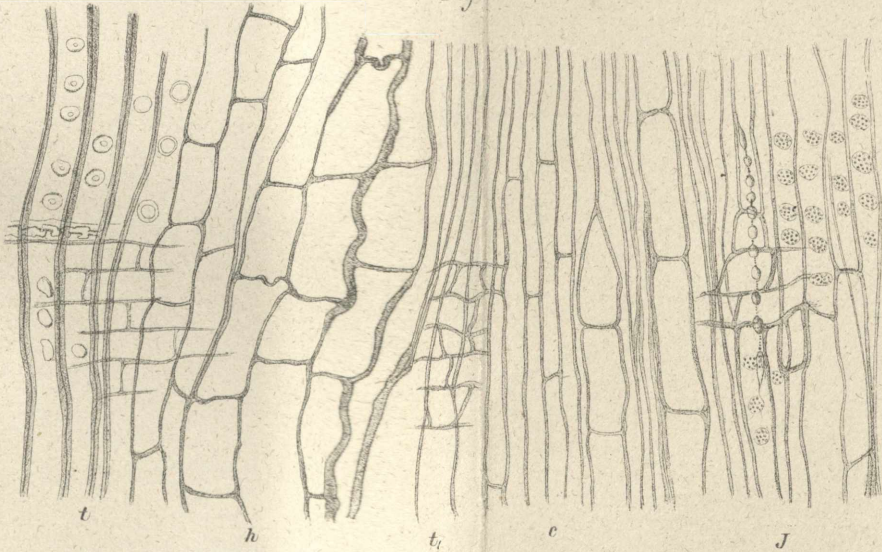


Fig. 17. (160).

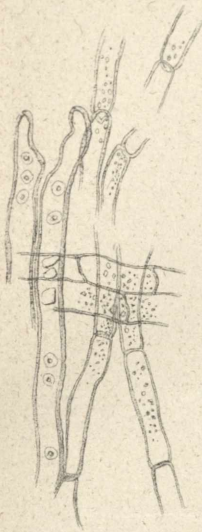


Fig. 13. (350).

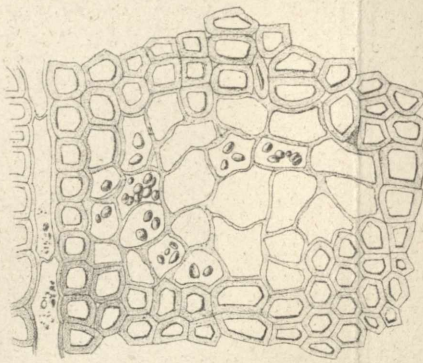


Fig. 14. (350).

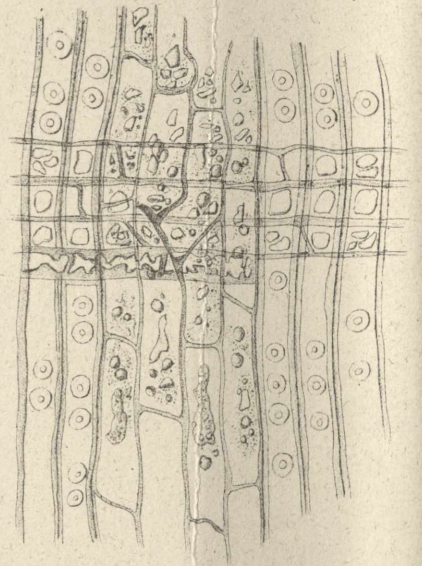


Fig. 16. (350).

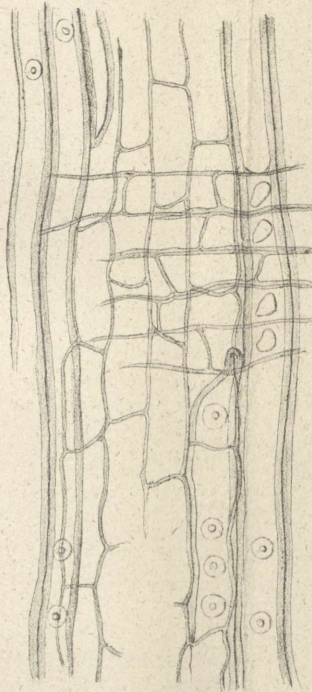


Fig. 15. (350).

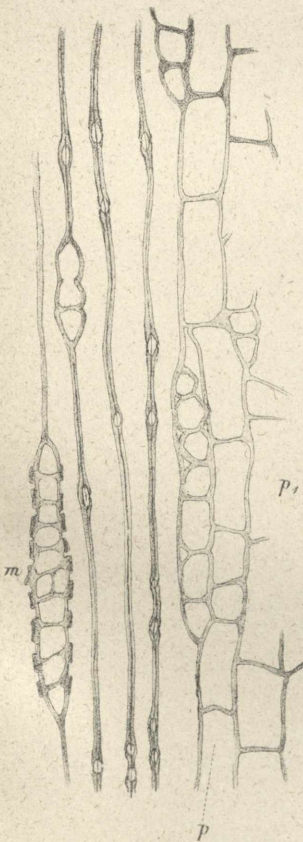


Fig. 18. (160).

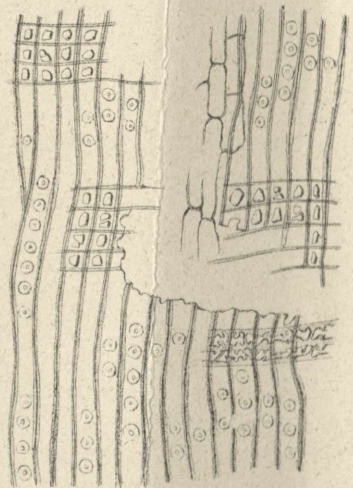


Fig. 19. (350).

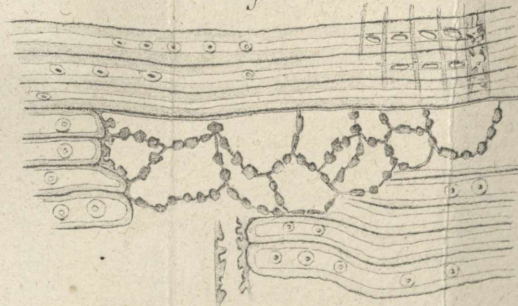


Fig. 20. (350).

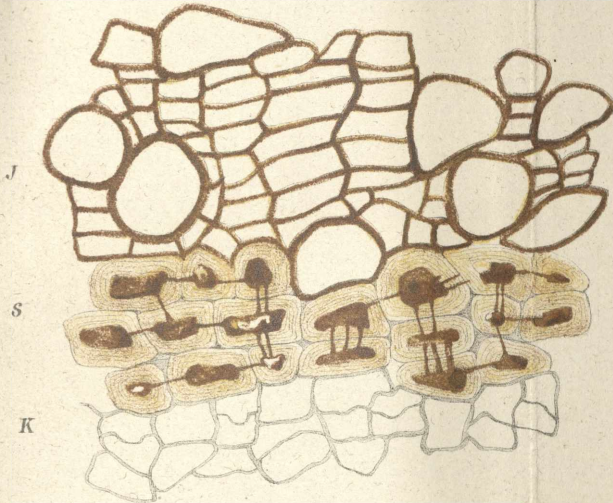


Fig. 21. (350).

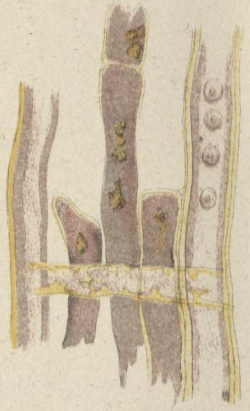


Fig. 22. (350).

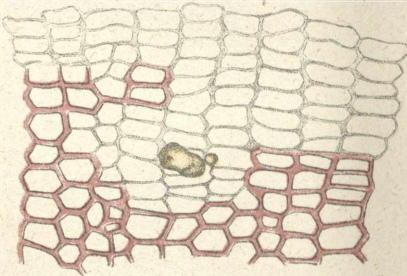


Fig. 23. (350).

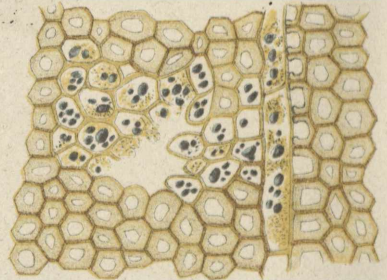


Fig. 25. (290).

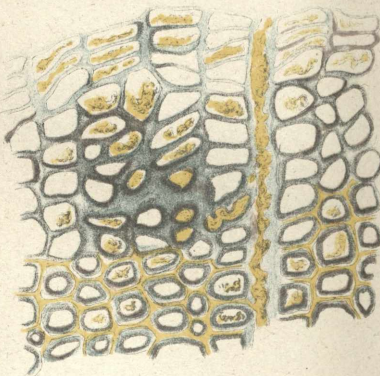


Fig. 24. (210).

