

Über die Anatomie des Holzes

von Pinus Larix, Picea excelsa und Pinus silvestris.

Von

Hugo Gruber,

ordentl. Lehrer.

Beilage zum Programm des Königl. Gymnasiums zu Bartenstein. 1890.

Bartenstein 1890.

Gedruckt bei Gebr. Kraemer.



Über die Anatomie des Holzes von *Pinus Larix*, *Picea excelsa* und *Pinus silvestris*.

Von der Entstehung der Grundgewebe des Stammes: Mark, Markscheide und Rinde.

Ein dicht unter der Spitze eines jungen Triebes entnommener Querschnitt von *Pinus silvestris* zeigt uns im Centrum ganz mit Chlorophyll erfüllte kugelige Zellen. Diejenigen, welche im äusseren Umkreise liegen, sind kleiner und in einzelne Partien geordnet; sie bilden das Zellgewebe der die Spitze des Triebes umgebenden Blätter. Die im Centrum befindlichen grösseren Zellen bilden den Ausgangspunkt für die Entstehung aller Gewebe der Pflanze, wir nennen sie das endständige Cambium. Aus ihm bildet sich zunächst die Markscheide, und es tritt dadurch schon eine Trennung der Zellen des jungen Pflänzchens in vier Teile ein: der äusserste Ring bildet die Rinde, der mittlere die Markscheide, das Centrum das Mark, und die Verbindungszellen zwischen Mark und Rinde bilden die Markstrahlen.

Die Markscheide tritt nicht sogleich als ein geschlossener Ring um das Mark auf, wir bemerken vielmehr im endständigen Cambium zuerst zwei bis drei von wenigen Zellen gebildete, getrennte Zellhäufchen. Sie sind entstanden durch Teilung einer oder mehrerer der kugeligen Zellen durch radiale und tangential Scheidewände, und wir können schon jetzt eine ziemlich regelmässige radiale Anordnung dieser noch sehr kleinen und zartwandigen Zellen bemerken. Die Vermehrung geht durch Teilung sehr rasch vor sich; man sieht auch immer neue solcher Zellgruppen auftreten, welche schliesslich so enge stehen, dass sie einen nur von den Markstrahlen durchbrochenen vollständigen Ring um das Mark bilden. Die nach einander entstehenden Zellhäufchen, auch Blattspuren genannt, bilden die erste Anlage der Leitbündel und des Holzkörpers. Es übernehmen nun die am äusseren Umkreise der Markscheide stehenden Zellen die Funktion, durch Teilung neue Zellen zu schaffen, sie bilden das Cambium, das nach aussen Bast-, nach innen Holzzellen bildet. Aus dem Leitbündelring tritt immer nur ein Bündel zu einem Ast oder Blatt über, sodass zu jedem Ast oder Blatt nur ein einziges Bündel gehört. Hanstein spricht in seinem Aufsätze „Über den Bau des dicotylen Holzringes“*) von dem Zusammenhang der Anordnung der einzelnen Leitbündel in dem innersten Ring um das Mark mit der Blattstellung. Da ich weiter unten über den Bau der Markscheide der drei mir vorliegenden Coniferen noch näher eingehen werde, möchte ich hier schon Einiges aus diesem Aufsätze anführen.: Das Leit-

*) Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik I. B.

bündel, welches zum ältesten Blatt geht, tritt zuerst aus dem gemeinsamen Kreis heraus. Es wird gebildet von Spiralfaserzellen, welche in Begleitung von 7 bis 9 Holzzellenreihen nach der Peripherie des Triebes gehen. Im nächsten Interfolium findet es sich wieder in den Ring eingereiht, doch ist es schmaler geworden, in radialer Richtung weiter ausgedehnt, nach dem Mark spitz keilförmig. Nur die Spitze des Keils wird von den Leitzellen eingenommen (H. giebt denselben den Namen „Primordialstrang“), nach der Peripherie zu liegen die gewöhnlichen Holzzellen („Succedangebilde“). Noch tiefer im Stengel wird der Primordialstrang ärmer an Leitzellen, an ihre Stelle treten Holzzellen, allmählich verschwindet das Leitbündel ganz. H. fand bei *Taxus baccata* 10 bis 11, bei kräftigen Sprossen noch mehr (13 bis 21) Leitbündel im Umkreise des Markes, von denen jedes eine ebenso grosse Anzahl von Stengelgliedern durchzieht, bevor es in das Blatt eintritt. Er findet aus seinen Beobachtungen, dass die Blattstellung zwischen $\frac{5}{13}$ und $\frac{8}{21}$ schwankt. Ob H. wohl zu denselben Zahlen gekommen wäre, wenn er sich die Blattstellung ganz allein aus den Blattspuren hätte berechnen müssen?

Ein anatomischer Unterschied zwischen den drei mir vorliegenden Coniferen ist in den jungen Trieben noch nicht zu bemerken, er tritt zuerst bei der weiteren Entwicklung der Rinde und dem Entstehen der Harzgänge auf. Betrachten wir die weitere Entwicklung bei einem jungen Triebe von *Pinus Larix*.

Nach dem Entstehen der Leitbündel beginnt auch die an der Peripherie gelegene Zellschicht sich zu verändern. Ihre Zellen sind kleiner, als die nach innen zu und haben sich in den Wänden etwas verdickt, sie bilden die Oberhaut. Durch die stark hervortretenden Blattkissen entstehen einzelne Abteilungen, welche durch tiefe Einschnitte von einander getrennt sind. An beiden Seiten der Blattkissen kann man nun eine Differenzierung der Zellen bemerken: der Inhalt wird reichlicher und heller, grünlichgelb, zwischen den Zellen entsteht durch Auseinanderweichen eine anfangs kleine, dann immer grösser werdende runde Lücke, welche allmählich durch die bedeutendere Ausdehnung der Zellen des Blattkissens in radialer Richtung oval wird. Tiefer in der Rinde kann man schon einzelne Dickzellen in der Entstehung sehen; dieselben sind durchaus charakteristisch für die junge Rinde der Lärche, bei *Pinus silvestris* finden sie sich in dieser eigentümlichen Form überhaupt nicht, bei *Picea excelsa* erst in älteren Stämmen. Die Bildung des Korkes nimmt bei der Lärche an den Einschnitten, welche zwischen zwei Blattkissen sich befinden, ihren Anfang. Einzelne Rindenzellen strecken sich in tangentialer Richtung in die Länge und ordnen sich in Bogen, welche ihre hohle Seite den Einschnitten zukehren. Dann erfolgt die Teilung, wodurch mehrere äussere, schmale, tafelförmige, in radialen Reihen stehende Kork-, und nach innen noch einige ebenfalls in radialen Reihen angeordnete Korkrindenzellen entstehen. Bei *Picea excelsa* findet die Korkbildung etwas tiefer in der Rinde, etwa in der dritten bis vierten Rindenzelle statt, bei *Pinus silvestris* noch tiefer im Gewebe der primären Rinde.

Bei allen drei Coniferen findet sich unter der Oberhaut eine mehrere Zellen starke Schicht kleiner verdickter Zellen; bei *Pinus silvestris* und *Pinus Larix* ist die Verdickung so stark, dass das Lumen fast gänzlich verschwindet, bei *Picea excelsa* dagegen nur mässig stark. Auf diese folgen eine oder zwei bis drei Lagen grösserer, zartwandiger, unregelmässiger Zellen, an welche sich der Kork anschliesst, der immer eine Schicht bildet, die parallel der Oberhaut geht.

Bildung der Harzkanäle der primären Rinde.

Da wir nun die einzelnen Teile des jungen Stämmchens: Mark, Markscheide, Rinde, Oberhaut, Cambium, Holz, Bast, Kork haben entstehen sehen, so wenden wir uns nun den in der

Rinde befindlichen Harzgängen resp. Harzlücken zu, letztere finden sich nur in der primären Rinde von *Pinus Larix*.

Im jugendlichen Zustande ist die Rinde der hauptsächlichste Sitz der Harzbereitung. Wie wir schon gesehen haben, tritt die Bildung der Lücke durch Auseinanderweichen einiger weniger, durch ihren gelblich gefärbten, stärker lichtbrechenden Inhalt vom anderen Rindenparenchym unterschiedener Zellen ein. Das Auseinanderweichen der Zellen und die Vergrösserung der dadurch entstehenden Lücke halte ich vorzugsweise für eine Folge des Wachstums des Rindenparenchyms, während die absondernden Zellen kleiner als die umgebenden bleiben; um mit der allgemeinen Ausdehnung gleichen Schritt zu halten, und damit keine Zerreibungen eintreten, bilden sich durch radiale (in Beziehung auf die Lücke als Centrum) Scheidewände neue Zellen. Es spricht hierfür die allgemeine Gestalt der Lücken. Überall wo die Ausdehnung der Rinde in tangentialer Richtung besonders stattgefunden hat, sind sie in dieser Richtung in die Länge gezogen, wo das Wachstum in radialer Richtung überwiegend war, erscheinen sie in der radialen Richtung verlängert. Sanio erklärt das erste Auseinanderweichen als eine Folge der Teilung, doch meine ich, dass hierdurch der Raum, den die neuen Zellen erfüllen, nicht kleiner wird als der, den die Mutterzelle einnahm. Wenn wir aber berücksichtigen, dass, während die Harzzellen sich an Grösse ziemlich gleich bleiben, der Stamm sich aber in radialer und tangentialer Richtung ausdehnt, so erscheint das Auseinanderweichen und Grösserwerden der Harzlücken sehr leicht erklärlich. Es war früher vielfach die Ansicht vertreten, die Lücken entstünden durch Resorption der Zellwände; in diesem Falle müsste man aber doch noch Teile der resorbierten Wände in irgend einem Entwicklungsstadium der Lücke zu sehen bekommen. Es wäre dann auch anzunehmen, dass von den resorbierten Zellen die im Umkreis an einander stossenden Wände als Hüllhaut der Lücke resp. des Ganges erhalten geblieben wären; von einer solchen Haut findet sich aber nirgends eine Spur. Meyen hat zuerst in seinem Buche „Über die Secretionsorgane der Pflanze“ die Ansicht ausgesprochen, dass die Harzlücke durch Auseinanderweichen einzelner Zellen entsteht.

Wir finden als harzbereitende und absondernde Zellen einen oder zwei Kränze von kleinen, sehr zartwandigen, anfangs kugeligen, mit der Ausdehnung der Lücke flacher und länger werdenden Zellen, in deren flüssigem Inhalt sich schon einige Öltröpfchen befinden. Diese Tröpfchen diffundieren durch die Zellwand und sammeln sich in grösserer Menge in den Lücken an. Es ist das bei den Coniferen, namentlich bei den Arten der Gattung *Pinus*, in grosser Menge auftretende Terpentingöl, in welchem Harz aufgelöst ist.

Pinus silvestris besitzt in der grünen Rinde, ringsherum um den jungen Bast, innerhalb der aus zwei bis drei Zellreihen bestehenden Korkschicht, eine grosse Zahl dicht neben einander liegender, mit blossem Auge schon erkennbarer Harzgänge, welche nicht allein auf einen Kreis beschränkt sind, sondern gewöhnlich in mehreren vorkommen. Bei *Picea excelsa* finden sie sich viel spärlicher, ebenfalls zwischen Kork und Bast. Bei *Pinus Larix* bemerken wir einen wesentlichen Unterschied. Wie wir oben gesehen haben, liegen hier die Harzgänge entweder zu zweien (an jeder Seite des Einschnittes zwischen den Blattkissen) oder auch einzeln im Gewebe der Blattkissen. Da die Korkschicht sich tiefer in der Rinde befindet als die Harzgänge, so isoliert sie dieselben von der grünen Rinde, und mit dem Absterben der äusseren Schicht hören die thätigen Harzkanäle gänzlich auf. Nach Abschluss der ersten Vegetationsperiode besitzt also die Lärche nur noch die in der grünen Rinde zerstreuten Harzlücken, welche Mohl in seinem Aufsätze „Über die Gewinnung des venetianischen Terpentins“ (Botanische Zeitung 1859) als aus

isolierten, kugelförmigen, bei älteren Stämmen linsenförmig in die Breite gezogenen, ringsum abgeschlossenen und im Zellgewebe der grünen Rinde zerstreuten, im jugendlichen Zustande schwer erkennbaren Höhlungen bestehend beschreibt. Dieselben fehlen ganz bei *Pinus silvestris* und *Picea excelsa*, bei anderen Coniferen, mit Ausnahme von *Pinus Larix*, treten sie noch nicht im einjährigen Triebe auf. In der sekundären Rinde habe ich diese Lücken weder bei *Picea excelsa* noch bei *Pinus Larix* gesehen, bei *Pinus silvestris* dagegen kommen sie nicht selten vor und erreichen eine bedeutende Grösse. *Picea excelsa* und *Pinus silvestris* behalten ihre thätigen Harzkanäle mehrere Jahre hindurch, doch werden schliesslich auch sie durch die sich alljährlich bildenden Kork- und korkähnlichen Schichten (peridermatische Blätter Mohl) dem Absterben überliefert.

Auf der alljährlichen Bildung dieser peridermatischen Blätter beruht auch das allmähliche Abfallen der Rinde. Zunächst wird der durch die schon im ersten Jahre entstandene Korkschicht isolierte Teil der Rinde, welchen die Blattkissen einnehmen, sich vom Stamme loslösen. Bei *Pinus Larix* tritt die Trennung nach Mohl im fünften Jahre ein. Die Korkschicht ist nun die äusserste Grenzschiicht des Baumes. Es bilden sich etwa bis zum achtzehnten Jahre dünne, abwechselnd aus dick- und dünnwandigen Zellen bestehende Schichten, die in Form von Schuppen sich mit der Zeit loslösen. Vom achtzehnten Jahre fängt die Bildung einer dickschuppigen Borke an, welche den noch übrigen Teil der primären Rinde und den ältesten Bast entfernt. Ähnlich verhalten sich auch *Picea excelsa* und *Pinus silvestris*. Etwa vom sechsten Jahre an werden die Blattkissen abgeworfen, dann beginnt bis zum zwanzigsten Jahre die Bildung dünner Schuppen bis die primäre Rinde ganz entfernt ist, worauf die ältesten Teile des Bastes in Form von grossen, dicken Schuppen, durch welche die Rinde ein rissiges Aussehen bekommt, allmählich entfernt werden.

Der Holzkörper.

Das Holz der Coniferen (ausser *Ephedra*) ist von dem der anderen Dicotyledonen wesentlich durch den Mangel an Gefässen unterschieden. Es leidet infolge dessen an einer gewissen Einförmigkeit, die aber durch andere Eigentümlichkeiten: das Vorkommen der Harzgänge und der gehöften Poren, teilweise aufgehoben wird. Die älteren Anatomen nahmen in allen Pflanzen Röhren (Gefässe) an, welche die Function haben sollten, die Säfte durch den Stamm zu den einzelnen Organen der Pflanze zu leiten. Da man immer mehrere Gefässe in nächster Nähe zusammen vorfand, so erhielten die in einzelnen Gruppen stehenden Gefässe den Namen Gefässbündel. Bei den Dicotyledonen liegen dieselben in einem Kreise und werden nur durch die Markstrahlen von einander geschieden. Erst spätere genauere Untersuchungen haben ergeben, dass viele als Gefässpflanzen geltende Pflanzen gar keine Gefässe besaßen. So glaubte man auch, dass die Coniferen allerdings nicht aus dem sekundären Cambium, sondern aus dem endständigen hervorgegangene Gefässe in der Markscheide besaßen. Es hat sich dann herausgestellt, dass auch hier keine Gefässe, sondern nur anders gebaute Zellen, Leitzellen, zu finden sind. Untersuchungen betreffend den anatomischen Bau der Coniferen-Markscheide sind besonders gemacht worden von Dippel, Frank, Eugen De-la-Rue.*) Dippel stellt seine Untersuchungen vorzugsweise an *Salisburia adiantifolia* an, spricht dann noch kurz von *Pinus silvestris* und *Picea excelsa*.

*) Dippel: Zur Histologie der Coniferen (Botanische Zeitung 1862 p. 168).

Frank: Ein Beitrag zur Kenntnis des Gefässbündels (Botanische Zeitung 1864).

Eugen De-la-Rue: Beitrag zur Histologie der Coniferen-Markscheide.

Zur Vergleichung möge es mir gestattet sein, die Resultate seiner Untersuchungen in kurzem Auszuge anzuführen.

Bei *Salisburia* findet er in der Nähe des Markes $\frac{1}{80}$ bis $\frac{1}{100}$ mm weite, langgestreckte „Gefässzellen“ mit weit von einander abstehenden, wagerechten oder nach einer oder der anderen Seite geneigten Ringen, welche zuweilen mit einer höchstens eine Windung langen Schraube abwechseln. Die folgenden Zellen haben wenig oder gar nicht an Weite zugenommen; die innerste Verdickung ist eine steile Schraube, die zuweilen in einen Ring übergeht. Die darauf folgende dritte Schicht hat engere Windungen, von denen 2 bis $2\frac{1}{2}$ auf eine der vorigen gehen; bei einer vierten gehen 4 bis 5 Windungen auf eine der zweiten. Die Schraube ist abrollbar und springt, wenn die Zellwand durch den Schnitt entfernt ist, hervor. Die darauf folgende Schicht besteht aus netzartig verdickten Zellen, welche zwei Lagen einnehmen; die innere ist rein netzförmig, die äussere nähert sich der Treppenform. Es kommen auf ihnen runde oder in die Quere gezogene ovale kleine Tüpfel vor. Es folgen nun zwei bis vier Schichten reiner „Treppengefässe“, welche sich durch ihr grosses Lumen auszeichnen, sie haben hie und da noch eine grössere Weite, als die Frühlingsholzzellen, ihre Scheidewände sind schief gestellt.

Bei *Pinus silvestris* unterscheiden sich die späteren Schraubenzellen dadurch, dass sie zwei gleichlaufende Schraubenbänder haben. An diese schliessen sich die netzförmigen Zellen, an welchen man noch höchst spärlich die Anfänge kleiner gehöfter Tüpfel sieht.

Picea stimmt mit *Pinus silvestris* überein. Die inneren Schraubenzellen haben weite, die äusseren sehr enge Windungen. Die netzförmigen Zellen sind arm an Formen; es findet sich nur eine Lage eng- und eine Lage weitmaschiger Zellen mit zerstreuten, in der Entwicklung begriffenen Tüpfeln. Deutliche Treppengefässe finden sich weder bei *Pinus silvestris* noch bei *Picea excelsa*, bei *Pinus Larix* kommen sie dagegen deutlich vor.

Eugen De-la-Rue fand bei *Pinus silvestris* fünf bis acht Reihen Schrauben- und schraubenringförmige Zellen, zwei bis sechs netzförmige, die bald netz-, treppen- oder gitterartig waren. Nur bei diesen hat er bald schiefe, bald wagerechte Querwände gesehen. Die netzförmigen Zellen sollen zuweilen so regelmässige Maschen haben, dass sie einem Gittergewebe ähnlich erscheinen.

Frank behandelt von Coniferen *Taxus baccata*. Er findet als innerste Zellen des Holzes langgestreckte, spindelförmige Ringe, abrollbare Schrauben- und Netzfaserzellen. Die durchschnittliche Länge ist $0,45''$. Die ältesten sind die abrollbaren Schraubenzellen (die Schraube ist einfach oder doppelt, links- oder rechtsläufig), die Spiralfasern sind zuweilen ganz, zuweilen nur teilweise durch unregelmässige, sehr enge Netzfaserzellen ersetzt. In der Nähe des Holzes werden die Zellen weitlichtiger, und es finden sich hin und wieder kleine Tüpfel.

Der Bau der Markscheide ist wohl bei allen Coniferen nicht wesentlich verschieden; es geht das aus diesen Abhandlungen hervor, und meine eigenen Beobachtungen widersprechen dem auch nicht. Man findet fast überall dieselben Zellformen nur mit geringen Modificationen. Ich werde nun die Resultate meiner Untersuchungen bei *Pinus silvestris*, *Pinus Larix* und *Picea excelsa* kurz niederlegen, wobei sich zeigen wird, inwieweit meine Beobachtungen mit den angeführten übereinstimmen.

Mark und Markscheide von *Pinus Larix*.

Das Mark besteht aus grossen, bräunlich gefärbten, nur schwach verdickten, rundlichen oder ziemlich regelmässig polygonalen Zellen. In seinem Umfange werden die Zellen etwas kleiner, auf dem Längsschnitt erscheinen sie fast quadratisch, sie sind verdickt, mit vielen kleinen,

einfachen Poren auf allen Wänden. Je mehr wir nach aussen kommen, desto schmaler und länger werden sie. Sie umgeben, in Gruppen zusammenstehend, die Spitze der Leitbündel nach dem Mark zu und dienen auch, wo die Bündel nahe an einander stehen, zur Trennung derselben. Ausserdem finden sie sich aber noch immer in jedem einzelnen Bündel, selbst zwischen den Leitzellen, wo sie diese in zwei oder mehrere Zellen breite radiale Reihen scheiden. Ihr Lumen unterscheidet sich zuweilen gar nicht von dem der Leitzellen, nicht selten aber beträgt es das doppelte und mehr. Die Wände haben stets nur eine gleichmässige sekundäre Verdickung. Die Querscheidewände sind teils gerade, teils geneigt. Ihre Lage zwischen den Zellen des Bündels kann allein Veranlassung gegeben haben, den Leitzellen des Stammes gerade oder schief geneigte quere Scheidewände zuzuschreiben. Wenn der Schnitt nichts weiter als Leitzellen zeigt, wird man nie eine Querwand zu Gesicht bekommen; ich habe solche weder bei alten noch bei jungen Stämmen auffinden können. Es kann allerdings bei der im allgemeinen grossen Enge der Zellen leicht eine Täuschung eintreten, wenn der Längsschnitt nicht aus einem Bündel von nur Leitzellen, sondern aus einem Bündel, das aus radialen Reihen von Leitzellen und aus Stumpfzellen besteht, genommen ist. In diesem Falle kann es sich ereignen, dass man die Querwände einer ebenso breiten Stumpfzelle für die der Leitzelle selbst hält, bei verschiedener Einstellung wird man aber meistens erkennen können, dass dieses ein Irrtum ist. Zuweilen sieht man sogar die Querwand einer viel breiteren unter der Leitzelle liegenden Stumpfzelle für die Wand der Leitzelle an. Das Präparat braucht dabei durchaus nicht dick zu sein, man ist einer Täuschung schon ausgesetzt, wenn der Schnitt nur eine einzige Leitzelle dick ist; eine Stumpfzelle, die unter oder über der Leitzelle gelegen war, ist weggeschnitten, es sind aber noch Teile der an die Leitzelle stossenden Querwände erhalten, welche man sehr leicht für Wände der Leitzelle ansieht. Bei macerierten Leitzellen habe ich nie Querwände, sondern stets sehr lange Spitzzellen gefunden.

Die Leitbündel liegen in einem Ringe um das Mark. Sie können entweder dicht bei einander stehen, wo sie dann durch einige Lagen von den oben beschriebenen Stumpfzellen getrennt sind, oder es tritt das Mark in breiten Strahlen zwischen sie, um Markstrahlen in das Holz zu schicken; auch die gewöhnlichen Holzspitzzellen können die Bündel weit von einander trennen. Ich habe nie in einer Radialreihe so viele Leitzellen gesehen, wie Dippel und De-la-Rue gesehen zu haben glauben. Auf manchem Radialschnitt kann man wohl fünfzehn und mehr zählen, aber sie gehören nicht zu derselben Radialreihe, was man oft schon daraus erkennen kann, dass sie durch Stumpfzellen in zwei oder mehr Partien getrennt sind. Der Längsschnitt ist hierbei allein nicht massgebend, denn es lässt sich schwer einrichten, genau nur eine einzige Radialreihe zu durchschneiden, in den meisten Fällen schneidet man mehr oder weniger quer durch das Bündel. Ausserdem aber kommt es nicht selten vor, dass man ein dicht dahinter stehendes, ausgetretenes Bündel mit einem andern vor sich hat. Um die Tiefe der Bündel zu zählen, muss man Querschnitte anwenden. Da sich aber die Leitzellen von vielen der sie umgebenden auf dem geraden Schnitt nicht unterscheiden, so benutzt man am zweckmässigsten leicht gegen die Axe geneigte Schnitte, auf welchen sich die Leitzellen durch ihre eigentümliche Verdickung auszeichnen. Ich habe immer bei den drei von mir untersuchten Nadelhölzern nur acht mit einer scharfen, abgesehen von einigen wenigen mit einer schwachen Verdickung, zählen können. Auf solchen schiefen Querschnitten kann man auch ganz deutlich die aus dem Ring ausgetretenen Bündel erkennen.

Die äussersten Leitzellen unterscheiden sich nicht sehr in der Grösse von den in ihrer

Nähe liegenden Holzzellen; nach innen werden sie immer enger und kleiner, so dass die dem Marke am nächsten liegenden Leitzellen nur noch ein sehr geringes Lumen haben. Diese innersten, nur an der Spitze der Leitbündel gegen das Mark zu vorkommenden Zellen sind sehr schwierig zu beobachten, einmal, weil sie so ausserordentlich enge sind, dass sie auch bei starker Vergrösserung nicht gross genug erscheinen, dann hauptsächlich desswegen, weil man sie nur selten zu Gesicht bekommt, da nur die Schnitte durch die grösste Ausdehnung des Bündels dieselben zeigen. Ihre Wand ist gleichmässig verdickt, es stehen aber dicht unter einander gleich grosse, die ganze Wand einnehmende runde Poren. Ich habe nie mehr als eine solche Zelle gesehen. An diese schliessen sich eine bis zwei Zellen mit ringförmiger Verdickung. Die erste Zelle enthält wohl immer Ringe allein, die teils gerade, teils schief gestellt sind; oft stehen ganze Strecken gerade oder regelmässig nach derselben Seite geneigt, worauf dann wieder gerade und schiefe Ringe durcheinander folgen. Die nächste Zelle hat Ringe, die mit einer kurzen Schraube abwechseln. Es folgen nun zwei bis drei Schraubenzellen. Die Schraube ist noch sehr lose und unregelmässig, es finden sich hin und wieder Verbindungsarme zwischen den Windungen, welche jedoch den Zellen noch kein netzartiges Aussehen geben; je mehr man nach aussen kommt, desto enger wird die Schraube, bis man endlich auf die weitesten Leitzellen mit den regelmässigen, dicht an einander liegenden Windungen kommt. Dass hier netzartige Verzweigungen vorkommen, beruht in den meisten Fällen auf Täuschung. Die Zellen sind im Querschnitt polygonal, und man hat sehr oft eine der zwei Kanten im Gesichtsfeld und die hier verschmolzen erscheinende Schraube für verzweigt angesehen. Wenn man unverletzte Zellen, bei denen der Schnitt durch die Mitte der Wand gegangen ist, beobachtet, so kann man deutlich wahrnehmen, dass von innen nach aussen die Schrauben immer enger und regelmässiger, und dass die netzartigen Verbindungsarme immer seltener werden. Auf diese Zellen folgen gewöhnlich noch zwei mit so schwacher tertiärer Verdickung, dass sie der Beobachtung sehr leicht ganz entgeht. Sie sind wahrscheinlich die Zellen, welche von den Beobachtern als Treppengefässe bezeichnet werden, ich habe wenigstens bei verschiedenen Lärchenstämmen nach den engen Schraubenzellen keine anders verdickten Zellen mehr gesehen. Ihre Verdickung ist aber nicht treppenförmig, sie ist vielmehr ebenfalls eine sehr enge gewundene, doch nur sehr schwache Schraube, bei der die Windungen fast ganz in einander fliessen, schärfer nur an den Rändern der einfachen Poren auftreten. Ich habe bei allen diesen Zellen nur rechtsläufige Schrauben beobachten können, die loseren lassen zwei gleichlaufende erkennen; wie viele bei den engen beteiligt sind, lässt sich schwer nachweisen, wahrscheinlich vier bis fünf. Was die Poren anbetrifft, so können, wie bei allen anderen Spitzzellen, alle Arten auftreten. Bei den loseren und engen Schraubenzellen habe ich sowohl einfache, als auch kleinere gehöfte Poren in der Flächenansicht und im Querschnitt beobachtet. Dass die innersten Zellen keine gehöften Poren besitzen, liegt daran, dass sie nur von Stumpfzellen oder Leitzellen umgeben sind und in keine Berührung mit Holzzellen treten, welche ihnen die Eigenschaft, behöfte Poren zu tragen, geben könnten. Eugen De-la-Rue führt nun noch als Leitzellen seine bei *Pinus silvestris* beobachteten Gitterzellen an. Ich habe sie sowohl bei *Pinus silvestris* (namentlich sehr gut in der Wurzel), als auch bei *Pinus larix* gesehen, bei *Picea excelsa* aber weder in Wurzel noch Stamm, trotz vielfachen Suchens. Ich kann aber mit De-la-Rue die Meinung, dass diese Zellen Leitzellen seien, nicht teilen. In der Wurzel von *Pinus silvestris* findet man sie besonders schön als regelmässige, grossmaschige Zellen, die in nicht geringer Zahl unter den Leitzellen vorkommen. Wenn man zufällig ein abgezwigtes Bündel, welches schon zwischen den regelmässig gestellten Holzzellen sich befindet und infolgedessen abgeschlossener

erscheint, durchschnitten hat, so kann man auch hier Leitzellen mit Gitterzellen abwechselnd erblicken, und man kann wohl leicht dazu veranlasst werden, die letzteren als Leitzellen anzusehen; sie unterscheiden sich aber sehr wesentlich von diesen durch ihren Bau und ihr sonstiges Vorkommen. Bei *Pinus Larix* habe ich im Stamme drei Arten gesehen:

1. sehr grossmaschige, deren Maschen unregelmässig waren,
2. ebenfalls grossmaschige, deren Maschen jedoch kleiner als die vorigen, sonst aber sehr regelmässig fünf- und sechseckig waren und
3. ganz feinmaschige.

Was für eine Art De-la-Rue im Stamme von *Pinus silvestris* gesehen hat, kann ich nicht angeben, mir sind nur (die Wurzel ausgenommen) feinmaschige vorgekommen.

Die Gitterzellen der zweiten und dritten Art erlangen meistens eine beträchtliche Breite, die der ersten habe ich immer nur schmal gesehen. Im Gegensatze zu den Leitzellen sind sie in der Regel viel zarter und haben die Querwände in nicht sehr grosser Entfernung von einander. Die grösstmaschigen erinnern etwas an die im Baste vorkommenden, Krystalle enthaltenden Zellen. Ich habe auch einige Kryställchen bei *Pinus Larix* dicht neben diesen Zellen gesehen, sie können also möglicherweise darin gewesen sein. Wären die Gitterzellen wirklich Leitzellen, so müssten sie doch auf die Markscheide oder auf die ausgetretenen Bündel beschränkt sein. Dies ist aber keineswegs der Fall. Ich habe sie in der Markscheide, aber auch, von ihr ganz getrennt, weiter im Holz gesehen. Über ihre Bedeutung habe ich bis jetzt nichts Bestimmtes in Erfahrung bringen können. Auf die Harzgänge sind sie auch nicht beschränkt. Man findet die schöne regelmässige Zeichnung der grossmaschigen Zellen auch zuweilen bei Markstrahlen, die feinmaschige Struktur findet sich im Stamm und in der Wurzel, in Holz- und Bastzellen, wie in Markstrahlzellen gar nicht sehr selten. Besonders stark entwickelt war sie in Holz-, Bast- und Markstrahlzellen von *Pinus silvestris*, und ich werde bei Gelegenheit darauf noch zurückkommen.

Ich wende mich nun wieder zurück zu den Leitzellen, und zwar habe ich noch die der Wurzel von *Pinus Larix* zu betrachten. Zur Untersuchung lag mir ein dreizehn Jahresringe erkennen lassendes, ca. fünf Zoll dickes, in der Entfernung von einem Fuss vom Stamm entnommenes Wurzelstück vor. Die Verhältnisse, welche hier Mark und Markscheide zeigen, sind vollständig von denen des Stammes verschieden. Zunächst lässt der Querschnitt keinen einheitlichen centralen Cylinder erkennen. Im höheren Stamme erreicht dieser Cylinder eine beträchtliche Weite, verengert sich zwar nach unten zu, doch bleibt der von dem Leitbündelring umgebene Markkanal im wesentlichen unverändert bestehen. Das ist nun in der Wurzel gar nicht der Fall. Es liessen sich bei *Larix* vielmehr zwei von einander getrennte, mit grösseren Zellen erfüllte Höhlungen erkennen, die sich bei näherer Untersuchung dem Markcylinder des Stammes entsprechend zeigten. Ob die aus grösserer Tiefe entnommene Wurzel in diesen Punkten dem Stamme ähnlicher ist, kann ich nicht angeben, da mir das entsprechende Material dazu fehlte. Die Wurzel zweijähriger Pflänzchen, die ich untersuchte, enthielt im Centrum gewöhnliche Holzzellen; in der Nähe bildeten einzelne Zellen kleine Gruppen, in die hinein in der Regel Markstrahlen gingen. Eingehende Untersuchungen über die Leitbündel der Wurzel sind, so viel ich habe in Erfahrung bringen können, nicht angestellt. Die Bemerkung von Naegeli: „In der Wurzel scheint die Fortbildung der Ring- und Spiralgefässe in centripetaler Richtung zu erfolgen, so dass das Mark verengert wird (*Abies*, *Picea*)“, scheint mir nicht richtig zu sein, da ich nirgends in der Wurzel Ring- oder Spiralbildungen angetroffen habe.

Ich fand also bei der Wurzel von *Pinus Larix* zwei ovale, in einiger Entfernung liegende

Cylinder, die mit einem Parenchym ausgefüllt waren, welches die grösste Ähnlichkeit mit dem des Markes im Stamme hat. Die Zellen sind dünnwandig, auf dem Quer- und Längsschnitt ziemlich unregelmässig. Im Umkreise eines jeden Cylinders findet man eine gewöhnlich zwei, an manchen Stellen drei Zellen dicke Schicht, die sich von dem übrigen Gewebe unterscheidet. Die Zellen sind meist flach, nach der Peripherie des Cylinders in die Länge gezogen und stärker verdickt als die anderen, auch erscheinen sie meistens schon an und für sich, besonders aber nach dem Zusatz von Jod dunkler gefärbt. Zwischen den beiden Cylindern kann man nun sehr deutlich zwei Bänder bemerken, welche gewissermassen eine Verbindung der beiden Cylinder herstellen. Diese Bänder, welche durch eine Holzzellenreihe von einander getrennt sind, bestehen aus polygonalen Zellen, deren innerste Schicht mit Jod rotbraun gefärbt erscheint. Sie sind kleiner und nicht so stark verdickt, wie die daneben liegenden Holzzellen. Sie nehmen ihren Ursprung von den am Umfange der Markcylinder liegenden Zellen und sind nichts Anderes als deren Fortsetzung. Nach meiner Ansicht bilden diese Zellen die Markscheide resp. die Leitzellen der Wurzel, sie besitzen allerdings nicht die charakteristischen Merkmale der Leitzellen des Stammes. Bei *Pinus Larix* habe ich leider keine Abzweigung eines Bündels finden können, dafür habe ich sie aber bei *Pinus silvestris* und *Picea excelsa* beobachtet, und weil sich bei allen drei Nadelhölzern im ganzen dieselben Verhältnisse vorfinden, so kann man aus der Analogie mit den beiden anderen wohl schliessen, dass auch bei *Pinus Larix* diese Zellenbänder die Leitzellen sind.

Ein Längsschnitt durch diesen Teil der Wurzel zeigt uns grosse, unregelmässige und unverdickte Zellen, welche den Markcylinder ausfüllen; daneben befinden sich wenig und gleichmässig verdickte Stumpfzellen, die theils mit geraden, theils mit etwas geneigten Querwänden versehen sind; sie überwiegen an Zahl bedeutend die Spitzzellen; aus der Vereinigung beider geht ein Leitbündel hervor. Man trifft auch hier und da Gitterzellen, doch ist die Gitterung nicht gut und regelmässig ausgebildet. Häufig dagegen stösst man auf Zellen, deren tertiäre Haut dicht und scharf punctiert erscheint. Zwischen den Leitzellen findet sich auch eine oder zwei Lagen gewöhnlicher Holzzellen mit grossen gehöften Poren auf den Radialwänden, auf den Tangentialwänden kommen kleinere häufig in grosser Anzahl vor. Die Leitzellen (Spitz- und Stumpfzellen) besitzen auf jeder Wand grosse, in einer Reihe untereinander stehende, etwas in die Breite gezogene einfache Poren, die sowohl von der primären, als auch tertiären Haut verschlossen sind. Mitten durch das Lumen der Pore sieht man da, wo die Leitzelle auf einer Holzzelle liegt, einen schmalen, langgezogenen Spalt noch über die Pore hinausgehen, es ist der Porenkanal der Holzzelle. Einen deutlichen Schraubefaden habe ich nirgends in der Wurzel gefunden. Die Stumpfzellen haben nur diese einfachen Poren, die Spitzzellen neben Holzzellen auch gehöfte; ihre Wände erhalten durch die ganz regelmässige Anordnung der grossen Poren ein fast treppenartiges Aussehen.

An die Lärche schliesst sich zunächst die Fichte an. Das Mark besteht aus parenchymatischen, gleichmässig verdickten Zellen, die im Querschnitt fast kugelig, öfter fünf- bis achteckig sind. Sie sind mit zahlreichen einfachen kleinen Poren versehen. Sie führen in der Regel Luft, ausnahmsweise findet man in der Nähe der Markstrahlen einige zum Teil mit Stärkekörnern gefüllt. Mit Jod färbt sich die Wand gelbbraun. Da, wo Markzellen in Markstrahlzellen übergehen, sieht man schon tief im Mark eine Veränderung. Die Zellen werden in radialer Richtung länger, ihre Wände erscheinen stärker verdickt, und eine ganze Gruppe von Markzellen ordnet sich so, als wäre sie nach einer Richtung hin gezogen. An der Stelle, an welcher die Markstrahlzellen

eben zwischen das Holz treten, besitzen sie noch nicht ihre eigentümliche regelmässige Gestalt. Der Markstrahl beginnt mit einer grossen Anzahl nicht in bestimmte Reihen geordneter, im Radialschnitt drei-, vier-, fünfeckiger, ziemlich stark verdickter, mit einfachen Poren versehener Zellen, deren Längendurchmesser meistens nicht grösser ist als der Querdurchmesser, doch finden sich auch schon einzelne längere. Viele dieser Zellen enthalten Harz und einige auch Stärkekörner in beträchtlicher Menge. Sie bekommen sehr bald die charakteristische Gestalt, welche wir bei den Markstrahlen überall im Holze finden.

Ausser den Markstrahlen schliessen sich noch direkt an das Mark die Holzspitz- und Holzstumpzellen. Die eigentliche Markscheide wird wie bei der Lärche von den Leitbündeln gebildet, die im Kreise um das Mark gelagert sind. Sie haben im Querschnitt eine stumpfkeilförmige Gestalt. Mit der Spitze liegen sie dem Mark zugekehrt. Wir finden sie auch hier vom Mark getrennt durch gleichmässig verdickte, mit einfachen Poren versehene Zellen, welche bald länger, bald kürzer, zuweilen sehr schmal sind, zuweilen aber ein Lumen besitzen, welches das der Leitzeilen weit übertrifft. Unter einander werden die Bündel teils durch Markstrahlen, teils durch Holzspitz- und Holzstumpzellen, teils nur durch Stumpzellen getrennt, welche auch noch in den Bündeln selbst in radialen Reihen vorkommen. Das Lumen der Leitzeilen ist in der Nähe des Markes am kleinsten, wird weiter etwas grösser, ist aber immer noch etwas kleiner als das der gehöften Holzzellen. Die Anzahl der Zellen eines Bündels in einer Radialreihe ist natürlich wegen seiner kegelförmigen Gestalt an verschiedenen Stellen verschieden, in der Mitte ist sie am grössten, in der Regel, wie auch bei *Pinus Larix*, nur sieben bis neun. Bei *Picea excelsa* besonders habe ich die Beobachtung gemacht, dass viele Bündel immer durch eine Radialreihe von Stumpzellen in einzelne, in der Mehrzahl zwei Zellen starke Radialreihen von Leitzeilen geteilt sind. Die schmale, innerste Zelle, des Leitbündels von *Pinus Larix* und die rein ringförmig verdickte habe ich bei *Picea* nicht gefunden. Die innersten Zellen enthielten Ringe, die bald gerade, bald schief standen und hin und wieder eine lose Schraubenwindung zwischen sich hatten. In der nächsten Zelle kommen Ringe nur noch selten vor, die Schraube, die sehr lose ist, zuweilen ganz auseinandergezogen, überwiegt bedeutend; es finden sich auch schon zwei Schraubenbänder. Weiter nach aussen wird die Schraube immer enger und regelmässiger. Ich konnte die Windungen an manchen sehr gut gelungenen Schnitten, bei welchen die Zellen auch gut erhalten waren, vollkommen klar und deutlich sehen. Bei einer Zelle beobachtete ich zwei regelmässige, ziemlich dicht beieinander liegende, aber noch lose gewundene rechtsläufige Schraubenbänder; bei einer späteren, etwas enger gewundenen, fand ich deren drei dicht beieinander liegen und konnte an einer losen Stelle auch die Rechtsdrehung deutlich erkennen. Die nun folgenden Zellen haben regelmässig gewundene und sehr dicht nebeneinander liegende Schraubenbänder, deren Zahl sich wohl nur durch einen zufälligen Schnitt, welcher die Bänder etwas auseinander zieht, feststellen lässt; ich glaube, es kommen vier oder fünf vor. Eine Verbindung der einzelnen Windungen findet nur sehr vereinzelt statt. Gehöfte Poren finden sich wie bei der Lärche überall da, wo die Leitzeilen an behöfte Holzzellen stossen. Auf den Tangentialwänden habe ich ebenfalls Höfe gesehen, welche aber durchaus nicht mit einer treppenartigen Verdickung zu thun haben; wir werden diese in der Wurzel kennen lernen. Diese Höfe waren aber nicht Anfänge von Höfen, wie Dippel meint, sondern in allen Teilen vollständig ausgebildet, nur nicht sehr gross, etwa von der Grösse der gehöften Poren wie sie im Herbstholz vorkommen. Im Querschnitt sieht man die Scheidewand immer durch die Mitte gehen. Ihre Verdickung hatte die Form einer Linse, die der äusseren Hofwandungen

erscheinen sehr dick und durch die Schraubenwindungen wie mit quadratischen Zähnen besetzt. In der Flächenansicht scheint es, als wenn die Schrauben über dem Hofe verschmelzen. Einfache Poren finden sich wie gewöhnlich neben Stumpfzellen. Auf diese enggewundenen Schraubenzellen folgen noch einige ähnliche ebenfalls mit gehöften Poren, ihre Schraubenbänder sind aber sehr schwach und fast mit einander verschmolzen, so dass sie nur an einzelnen Stellen schärfer hervortreten.

Die Wurzel, welche mir von *Picea excelsa* vorlag, zählte einige vierzig Jahresringe und war nur ca. einen Fuss vom Stamme entfernt entnommen. Als Mark findet man auch keinen einfachen centralen Cylinder, sondern zwei von einander getrennte und etwas in die Länge gezogene Cylinder. Die Markzellen sind im Querschnitt ganz unregelmässig, etwas verdickt und mit einfachen Poren versehen; auf dem Längsschnitt erscheinen die mehr nach dem Rande zu gelegenen rechteckig und regelmässiger angeordnet. Die den Cylinder umgebenden Zellen sind nach der Peripherie desselben sehr in die Länge gezogen und ziemlich stark verdickt; sie bilden eine Lage, die nicht überall gleichmässig ist, an manchen Stellen finden sich drei, an anderen nur eine, gewöhnlich aber zwei Zellen. An der dem anderen Markeylinder zugekehrten Seite vereinigen sich diese Zellen und gehen als ein einziges geschlossenes Band (bei *Larix* fanden sich zwei getrennte) ziemlich regelmässiger polygonaler Zellen nach dem anderen Cylinder. Die Zellen des Bandes unterscheiden sich sehr deutlich von denen, die im Umfange der Cylinder liegen. Sie sind kleiner, ziemlich regelmässig polygonal, scharfeckig und stärker verdickt. Das Band ist gewöhnlich nur vier Zellen stark. Auf dem Längsschnitt sieht man, dass diese Zellen zum grössten Teil horizontale Querwände und etwas grössere einfache Poren besitzen, als sie bei ähnlich gestalteten Zellen im Stamme vorkommen. Ausserdem sieht man einzelne Zellen ohne Querwände mit grossen ziemlich dicht unter einander stehenden Poren auf allen Wänden, einzelne kleinere finden sich auch dazwischen. Die mit den grossen Poren bedeckten Wände geben, namentlich wenn sie durchschnitten sind, die Zeichnung der treppenartigen Verdickung. Viel dichter erschienen die Treppen bei Leitbündeln, die sich von der Gruppe der Leitbündel abgezweigt hatten. Man konnte hier sehen, dass das Leitbündel aus Spitzzellen bestand, deren Wand treppenartig verdickt war und aus durch Querwände getheilten Zellen, die entweder ebenso aussahen oder, wenn sie sehr breit waren, mehrere grosse Poren nebeneinander hatten, so dass sie mehr ein netzförmiges Aussehen erhielten. Einzelne Zellen mit gitterartiger Verdickung der tertiären Haut kommen auch vor, doch ist dieselbe sehr wenig ausgeprägt.

Es bleibt uns nun noch übrig, die Markscheide des Stammes und der Wurzel der Kiefer zu untersuchen. Bei *Picea* und *Larix* haben wir in den meisten Teilen grosse Ähnlichkeiten gefunden, wir werden nun sehen, dass sich *Pinus silvestris* von den beiden anderen Coniferen recht bedeutend unterscheidet. Die Hauptursache hiervon liegt an den schon im Stamme auftretenden grossen einfachen Poren.

Das Mark besteht aus zum grössten Teil unregelmässig polygonalen grossen Zellen, die aber im ganzen so lang als breit sind. Ihre Verdickung ist nur sehr schwach. Besonders eigentümlich sind die grossen, in der Regel spitzeiförmigen oder elliptischen einfachen Poren, welche alle Wände bedecken und durchschnitten, ihnen ein wellenförmiges Aussehen geben. Diese Poren erreichen noch lange nicht die Grösse der Markstrahlporen, sind aber ebenso gross oder noch grösser, als die, welche wir auf den Leitzellen der Wurzel von *Picea* eben kennen gelernt haben. Wir sahen bis jetzt im Stamme nur sehr kleine einfache Poren, durch welche sich die Stumpfzellen auszeichneten. Bei *Pinus silvestris* fehlen diese ganz, und wir finden überall da

die grösseren, wo wir bei *Picea* und *Larix* die kleinen getroffen haben. An das Mark stossen an einzelnen Stellen Holz- resp. Leitzellen direkt an, sonst war es umgeben von ziemlich dünnwandigen parenchymatischen Zellen, welche auf allen Wänden mit den grösseren einfachen Poren besetzt sind. Diese Stumpfzellen bilden immer mehrere Lagen; an der Spitze der Leitbündel liegen sie bündelartig gehäuft. Man kann aus ihnen sehr deutlich den stufenweisen Übergang aus den Markzellen erkennen. Um die ganz unregelmässigen Markzellen, die den innersten Teil des Markcylinders einnehmen, lagern sich mehrere Schichten grosser und breiter Zellen, welche den innersten noch ganz ähnlich sehen, sich aber auf dem Längsschnitt durch ihre regelmässig rechteckige oder quadratische Gestalt unterscheiden. Nach aussen werden diese Stumpfzellen allmählich schmaler und länger und verlieren vollständig die Ähnlichkeit mit den Markstrahlzellen. Sie sind überall nicht stark verdickt und besitzen die grösseren einfachen Poren. Auf Querschnitten von *Larix* und *Picea* hatte man Mühe, die Leit- von den umliegenden Zellen zu unterscheiden; um dies mit Sicherheit zu können, musste man schief gegen die *Axe* geneigte Schnitte untersuchen. Bei *Pinus* haben wir das nicht nötig, wir finden hier einen ganz bedeutenden Unterschied. Von den englichtigen, durch die Schraube sehr stark verdickt erscheinenden Leitzellen heben sich die sehr weitlichtigen und schwächer verdickten Stumpfzellen ganz klar und bestimmt ab. Wir sehen die Leitbündel durch solche grosse Zellen von einander geschieden, sehr oft auch, entweder teilweise oder ganz von einer oder mehreren Radialreihen derselben durchsetzt. Ihre Querwände sind gerade oder etwas geneigt.

Die Markscheide wird nun wie gewöhnlich von Leitbündeln und den dazwischen liegenden Stumpfzellen gebildet. Wie schon erwähnt, stossen an einzelnen Stellen auch die eigentlichen Holzzellen an das Mark. Dies geschieht namentlich da, wo die Markstrahlen in das Holz eintreten. Sie bilden hier oft sehr breite und weit in den ersten Holzring eindringende Bänder von noch sehr unregelmässig polygonalen Zellen. Zu beiden Seiten der Bänder setzen sich noch viele Lagen gewöhnlicher Holzzellen an, so dass man auf weite Strecken keine einzige Leitzelle trifft. Im Querschnitt erscheinen die Leitzellen mehr oder weniger regelmässig polygonal. Ihr Lumen unterscheidet sich in der Nähe des Holzes nur wenig von den wirklichen Holzzellen, es wird aber nach innen immer enger (bei *Picea* fanden wir keinen sehr grossen Unterschied zwischen der innersten und äussersten Zelle). Auch bei *Pinus silvestris* enthält eine Radialreihe an der tiefsten Stelle in der Regel nur acht Zellen mit einer starken Verdickung. An der äussersten Spitze habe ich auch hier, wie schon früher bei *Larix*, hin und wieder eine schmale, gleichmässig verdickte mit kreisrunden, fast die ganze Breite der Wand einnehmenden, dicht unter einander stehenden einfachen Poren gesehen. Wahrscheinlich wird auch bei *Picea* eine ähnliche an der Spitze des Bündels stehen. Es folgt eine oder zwei weitere Zellen mit gerade gestellten Ringen; in der ersten überwiegen die gerade gestellten, in der zweiten kommen gerade und schiefe ziemlich gleichmässig vor; zwischen ihnen findet sich auch schon hin und wieder ein Schraubengang. Sodann habe ich Zellen mit einem auch zwei Schraubenbändern, mit bald loseren bald dichteren, an manchen Stellen aus einander gezogenen, an anderen ganz unregelmässigen, zuweilen sogar zurücklaufenden Windungen gesehen. Ringe kommen auch noch, obgleich selten, vor. Die späteren Zellen bekommen eine immer engere und regelmässiger Schraube, doch habe ich hier bei dichteren Windungen auch sehr häufig netzartige Verbindungsarme angetroffen. Auf die engen, mit einer starken, im Durchschnitt quadratischen Schrauben versehenen Zellen folgen noch einige, welche vielleicht die von Dippel auch bei *Pinus* gesehenen Treppengefässe sein sollen. Dass wir es hier nirgends mit Gefässen zu thun haben, ist schon früher

gesagt worden; ich möchte aber für diese Zellen nicht die Bezeichnung Treppenleitzellen gelten lassen, wir müssen dann auch noch die im Holz vorkommenden Spitz- und Stumpfzellen, welche grosse Poren tragen, so bezeichnen dürfen. Durch oft ziemlich dicht unter einander stehende, fast die Breite der ganzen Wand einnehmende, grosse, an den Seiten in der Regel spitz zulaufende Poren erhalten diese Zellen ein treppenförmiges Aussehen, welches aber nicht für die Wahl der Bezeichnung bestimmend sein darf. Denn einmal findet sich diese Treppenform nur auf den Radialwänden und zwar da, wo sie an den grossen Stumpfzellen zusammen stossen, welche man fast immer noch über diese sogenannten Treppenzellen hinausgehend beobachten kann, oder wo Markstrahlen vorbeigestrichen sind; auf den Tangentialwänden findet man sie nicht. Zweitens bleibt die wesentliche Form der Verdickung die wenn auch schwache, doch noch immer in ihren Windungen an den unverdickten Stellen erkennbare Schraube. Bei den Zellen, welche die starke Schraube besitzen, kommen auch an manchen Stellen diese grossen Poren vor, an anderen aber entweder gar keine oder gehöfte, ebenso wie auch hier auf den radialen Wänden gehöfte Poren abwechselnd mit den anderen auftreten. Bei *Pinus silvestris* habe ich das Mark und die Markscheide der Wurzel noch weniger einheitlich angeordnet gefunden, als bei *Larix* und *Picea*. Eine Zellengruppe, die für ein Mark angesehen werden konnte, fand sich gar nicht. Die Markstrahlen gingen teils zu in einzelnen Gruppen stehenden Zellen, teils kamen sie aus Lücken, deren immer mehrere vorhanden waren und wohl als dem Markcylinder entsprechend angesehen werden können. Die einzelnen Leitbündel liegen zerstreut im Jahresringe. Das ganze Centrum besteht zum grossen Teil aus Stumpfzellen. Holzspitzzellen finden sich nur wenige, sie sind meistens durch gerade Querwände geteilt und dadurch zu Stumpfzellen umgewandelt. Hier habe ich auch wieder die regelmässigen Gitterzellen, namentlich in grosser Zahl bei ausgetretenen Bündeln, beobachtet und an macerierten Zellen auf das deutlichste bemerken können, dass die gitterartige Zeichnung sich nur auf dem innersten Wandbelag findet. Bei einem Präparat hatte sich eine den gewöhnlichen Holzzellen ganz ähnliche Gitterzelle durch Querwände in Stumpfzellen geteilt, welche von der Wand der Mutterzelle umgeben waren. Ihre eigene Wand war an vielen Stellen ganz getrennt sichtbar, und in dieser befand sich ein durch die Maceration zusammengezogener und zerknitterter Schlauch, welcher mit den regelmässigen polygonalen Maschen gezeichnet war. An der äusseren Wand der Zellen waren noch grössere Poren zu sehen. In den Abzweigungen der Leitbündel habe ich nur zwei Arten von Zellen bemerkt: die Gitterzellen und sehr enge Treppenspitz- und -stumpfzellen, bei denen die unverdickten Stellen rechteckig sind, über die ganze Wand sich erstrecken und so nahe aneinander liegen, dass die Zellwand aus dicht unter einander befindlichen Stäbchen zu bestehen scheint. Die Anordnung der Stäbchen ist derart, dass je eine unverdickte Stelle der einen Wand einer verdickten der daran stossenden entspricht. In den nicht abgezweigten Leitbündeln der Hauptwurzel finden wir die Poren nicht so dicht neben einander. Die einzelnen Leitzellen sind auch breiter und man kann sie viel leichter und besser beobachten. Die in einer Reihe unter einander stehenden Poren sind entweder kreisrund oder schwach länglich, sie lassen aber noch grosse Zwischenräume zwischen sich. Wir finden auch bei *Pinus silvestris* Leitzellen mit und ohne Querscheidewände, zuweilen finden sich nur an einem Ende einzelne Querwände. Neben Holzzellen kommen auch gehöfte Poren vor.

Wir gehen nun zur Untersuchung der Holzzellen über, welche den eigentlichen Holzkörper der Coniferen bilden. Auf diesem Gebiete ist schon mehr und eingehender gearbeitet worden, namentlich von Dippel und Sanio. Manche von Dippels Untersuchungen, die er in dem Aufsatz: „Über die feinere Struktur der Zellhülle“ (Abhandlungen der Senkenborgschen naturforschenden

Gesellschaft Band X und XI) niedergelegt hat, habe ich aus Mangel an den dazu nötigen Instrumenten nicht nachmachen und mir durch eigene Anschauung die Überzeugung von ihrer Richtigkeit verschaffen können. Von Sanio lag mir die Abhandlung: „Über die Anatomie der gemeinen Kiefer“ vor, in welcher er zuerst die wichtigsten Eigentümlichkeiten des Coniferenholzes hervorgehoben und klargestellt hat. Möllers „Beiträge zur vergleichenden Anatomie des Holzes“ (Denkschriften der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften zu Wien) bieten für unseren Gegenstand nichts Bemerkenswertes. Einzelne hingehörige Bemerkungen anderer Schriftsteller werde ich bei Gelegenheit anführen. Ausgehend von *Pinus silvestris*, werde ich zuerst über das Cambium, dann über die Entstehung der Verdickungsschichten, der Hofporen u. s. w. sprechen.

Für die Untersuchung geeignet sind nur ältere und kräftig gewachsene Stämme, weil bei diesen Cambium, Holz und Bastzellen grösser ausgebildet sind.

Zwischen Rinde und Holz liegt das ringförmige Cambium, das der Sitz der steten Neubildung von Holz- und Bastzellen ist; es veranlasst somit das Dickenwachstum, während das endständige Mark, Markscheide und Rinde hervorbringt und das Spitzenwachstum bewirkt. Wir haben es hier nur mit dem zwischen Holz und Bast in einem Kreise um den Stamm liegenden ersteren zu thun. In der Regel sieht man auf einem Querschnitt mehrere grosse, tafelförmige, dünnwandige Zellen, die man alle für Cambiumzellen ansehen könnte. Es fragt sich nun, wie viele von ihnen sich wirklich an der Neubildung beteiligen? Hartig meint zwei, ich halte die Ansicht Sanios, welcher nur eine annimmt, für richtig. Durch die in radialen Reihen immer neu entstehenden und wachsenden Zellen wird die Peripherie des Stammes vergrössert. Die Cambiumzellen müssen sich, um nicht zerrissen zu werden, in tangentialer Richtung ausdehnen. Diese Ausdehnung hat aber eine gewisse Grenze, und wenn diese erreicht ist, muss sich eine und die andere Zelle, um mit dem Dickenwachstum gleichen Schritt zu halten, teilen. Nun sieht man überall, wo solche Teilungen vorkommen, dass sowohl im Holz als auch im Bast neue Radialreihen auftreten, nie aber, dass sie nur im Holze oder, was noch häufiger der Fall sein müsste, da der Bast noch weiter nach aussen liegt, dass sie nur im Baste zu finden sind. Nimmt man eine Cambiumzelle als Mutterzelle für Bast und Holz an, so hat diese Erscheinung eine einfache Erklärung, bei zweien würde man keinen zwingenden Grund dafür finden können, dass, wenn sich die eine durch eine radiale Wand teilt, die zweite es ebenfalls thun muss. Bei einer sehr schwach gewachsenen Fichte konnte ich überhaupt nur eine Cambiumzelle bemerken. Die anstossenden Bast- resp. Holzzellen waren nur noch an den angrenzenden Wänden unverändert, die anderen hatten schon vollständig den cambialen Charakter verloren. Spärlich gewachsene Stämme bieten den Vorteil, dass bei ihnen nur langsam eine Teilung eintritt, wenn aber diese vor sich gegangen ist, dass die zu Dauergewebe bestimmten Zellen sich schon lange vor dem Eintreten einer neuen Teilung verändert haben. Bei den in üppiger Vegetation stehenden Pflanzen erfolgen die Teilungen zu schnell, so dass sich die jungen Zellen zwischen einer und der nächsten Teilung nicht fertig ausbilden können. Nach Strassburger haben die Cambiumzellen einen protoplasmatischen Wandbelag und einen Kern, der etwa in der Mitte liegt und fast das ganze Lumen der Zelle ausfüllt; er enthält mehrere Kernkörperchen, ist kugelig oder in der Längsaxe der Zelle etwas verlängert. Vor der Teilung tritt eine Streifung des Kerns gegen die künftige Scheidewand ein. Die Wandbildung geht *succedan* vor sich, und nur an der Stelle des Kerns erfolgt sie plötzlich. Es entstehen dadurch zwei Tochterzellen; die äussere tritt zum Bast über, die innere wird Cambiummutterzelle und liefert durch abermalige Teilung eine Holzzelle. In der Regel pflegen sich diese jungen Zellen noch ein oder mehrmal zu teilen, es entstehen dadurch mehrere Holz- resp.

Bastzellen, die aber nur von einer Cambiumzelle stammen. Man erkennt diese Gruppen an der relativen Stärke ihrer Radial- und an der Haltung der beiden schliessenden Tangentialwände, welche bei derselben Gruppe ihre hohlen, bei verschiedenen die gewölbten Seiten sich zuwenden.

Die peripherischen Wände der cambialen Zellen sind sehr zart, die radialen erscheinen bei alten Stämmen ausserordentlich dick. Mit Chlorzinkjod behandelte Querschnitte zeigten die Zellwände hellblau, zwischen den Radialwänden zweier benachbarter Zellen war aber eine dicke Masse, die sich wenig oder gar nicht gefärbt hatte. Diese Masse liegt also ausserhalb der Zellen kann daher nicht die Radialwand selbst und durch fortgesetzte ununterbrochene Ernährung der radialen Wände, wie Strassburger meint, entstanden sein. Die grösste Wahrscheinlichkeit hat die von Sanio aufgestellte Ansicht, dass diese Masse ein Überbleibsel der durch die vielen Teilungen entstandenen Cambiummutterzellhäute sei. Nach dem Bast und Holz zu wird diese Masse fast vollständig resorbiert, nicht comprimiert, wie Sanio in der Flora 74 behauptet, denn es ist wohl nicht denkbar, dass eine einige hundert Zellhäute dicke Schicht durch zartwandige Zellen so vollständig comprimiert werden kann, dass sie sich der Beobachtung ganz entzieht.

Bei eben aus dem Cambium entstandenen Zellen kann man schon eine neue, der primären Haut sehr lose anliegende, durch das Messer immer mehr oder weniger in das Zelllumen hineingezogene Haut erkennen, welche sich mit Jod sofort intensiv gelb färbt. Sie ist nicht gleichmässig, sondern ist bedeckt mit vielen kleinen Wärzchen, welche in regelloser Zahl dieser sehr zarten und dünnen Haut aufliegen. Sie hat sich plötzlich aus dem Inhalt gebildet, denn sie ist schon in der jüngsten Zelle vollständig deutlich zu beobachten. Sie ist als eine Neubildung und nicht als eine durch Differenzierung aus der primären Haut entstandene Schicht zu betrachten. Etwas ältere Zellen zeigen noch keine andere Verdickung, erst bei noch späteren kann man innerhalb der Zelle, enge anliegend an der primären Haut, eine schwächer lichtbrechende, mit Chlor-Zink-Jod sich violett färbende dünne Linie bemerken; es ist die nun auftretende sekundäre Verdickung, die ich in keinem Falle von der primären Haut getrennt und an der warzigen Schicht befestigt gefunden habe. War die warzige Schicht, welche ich Innenauskleidung (Dippels tertiäre Schicht) nennen will, von der Zellwand getrennt, so war sie auch stets für sich allein, und nie haftete ihr eine Spur einer sekundären Verdickung an. Die Innenauskleidung bleibt zart und dünn, während die mittlere Schicht sehr schnell an Stärke zunimmt. Ich nehme nun an, dass die sekundäre Verdickung nicht durch die Innenauskleidung entsteht, sondern dass die Zellstoffmoleküle, welche sich aus dem Inhalt bilden, dieselben durchdringen und sich an die primäre anlegen. Nach Dippel soll die Innenauskleidung erst dann entstehen, wenn die Zellen ihre vollständige Grösse erreicht haben. Dann sieht man eine an den Ecken meistens deutlicher erkennbare Verdickungsschicht, die der primären Haut nicht immer anliegt, zuweilen von ihr ganz losgelöst ist. Die Stärke der Verdickung ist gleich der primären Haut, ihr Lichtbrechungsvermögen etwas geringer, mit ihr zugleich tritt die mittlere, schwächer lichtbrechende und wasserreichere Schicht auf. Von der Struktur der inneren Schicht sagt D. sonst weiter nichts. Nach Sanios Beobachtungen tritt nach Ausbildung der primären Wand zuerst die sekundäre Verdickung auf und dann erst die Innenauskleidung. Ich habe aber immer gefunden, dass sie schon vorhanden ist, wenn noch keine Spur einer sekundären Verdickung sich nachweisen lässt.

Bei dem 21 Jahre alten sehr kräftig gewachsenen Stamm von *Pinus Larix* (die Jahresringe waren bis 2 cm stark) fand ich ca. 16 cambiale Zellen, bei denen noch die Radialwände überall gleich dick waren. Die Cambiummutterzellen erscheinen immer in der Nähe des Bastes, weil sich die Bastzellen sehr bald nach ihrer Entstehung ausgebildet haben. Eine ganze Reihe von

jungen Holzzellen besass noch die flache tafelförmige Gestalt, erst mit dem Dünnerwerden der radialen Zwischenmasse wurden sie mehr quadratisch, und ihre normale Gestalt, mit der nach Dippel das Auftreten der Verdickung verbunden ist, erreichten sie erst viel später. Eine Verdickung lässt sich aber schon viel früher nachweisen, betrifft jedoch immer nur Zellen, die noch weit von der Cambiummutterzelle entfernt stehen. Sollte mir nun auch bei einer Reihe von Zellen die sekundäre Verdickung wegen ihrer Kleinheit entgangen sein, so war ich wenigstens sicher, dass sie in der Nähe der Cambiumzellen nicht vorhanden war. Die Innenauskleidung fand sich aber schon in den eben aus dem Cambium entstandenen Zellen. Sie ist so eigentümlich und wegen ihrer warzigen Beschaffenheit in die Augen fallend, dass ich mich wundere, wie Dippel und Sanio diese Eigenschaft nicht erwähnen können, da sie ihnen unmöglich entgangen ist. Man findet die warzige Haut vollständig deutlich und unverändert in den Stumpfzellen des Bastes, in den ausgebildeten Dickzellen und zuweilen auch noch in den ältesten Holz- und Markstrahlzellen. Etwas modificiert habe ich sie bei älteren Holzzellen namentlich auf den Hofwandungen, auch auf Markstrahlen von *Pinus silvestris* gesehen, und schliesslich haben wir sie zusammen mit der gitterartigen Struktur gefunden.

Nach der ältesten Ansicht, die Mohl vertritt, entstehen alle Schichten durch Differenzierung aus einer einzigen. Dippel leitet aus seinen Beobachtungen folgende Gesetze ab:

1. Die primäre Zellhülle entsteht selbständig und bildet sich zu einem organisch abgeschlossenen Teil der Gesamtzellhülle aus.
2. Die Verdickung erfolgt durch gleichfalls selbständige Entwicklung d. h. durch Neubildung sekundärer Zellhüllgenerationen, welche aus einer äusseren weichen, und einer inneren dichten Schicht bestehen, und von denen jede durch Einlagerung zu ihrer endlichen Stärke heranwächst. Es sind demnach bei derselben zwei Vorgänge: Apposition und Intussusception beteiligt.
3. Je nachdem diese Neubildung nur einmal stattfindet (*Pinus* etc.) oder sich in periodischer Form öfter wiederholt (*Clematis* etc.) lassen sich in der Verdickungsmasse der betreffenden Zellen nur zwei durch ihr Lichtbrechungsvermögen unterschiedene Schichten, eine äussere weichere, die früher als sekundäre Zellhülle bezeichnete, und eine innere sogenannte tertiäre Zellhülle unterscheiden —, oder es besteht dieselbe aus einer mehr oder minder grossen Anzahl von Doppelschichten.

Wenn die Zellen ihre normale Grösse erreicht und die verschiedenen Schichten angelegt haben, so beginnt die Verholzung u. z. zuerst an den Ecken der Zelle und pflanzt sich auf die radialen Wände fort, dann teilt sie sich auch den tangentialen mit. Sie schreitet allmählich von aussen nach innen vor, so dass die primäre Haut zuerst, die Innenauskleidung zuletzt verholzt.

Die sogenannte Mittellamelle, d. h. die zwei benachbarten Zellen gemeinsame Wand, entbehrt nach einigen Beobachtern jeder Struktur, nach Sanio besteht sie aus zwei Lamellen: den beiden primären Häuten, nach Dippel aus drei, welche bei polarisiertem Licht deutlich unterschieden werden können, es sind die primären Häute und eine zwischen ihnen befindliche Schicht von Zwischenzellstoff. Die beiden äusseren Schichten sind stärker lichtbrechend als die mittlere, welche bei der Maceration aufgelöst wird, die anderen bleiben dagegen erhalten. Sanio behauptet, dass die Wirkung der Maceration auf Auflösung der primären Häute beruhe. Dass die zwei Zellen gemeinschaftliche Wand nicht verwachsen ist, habe ich mit Gewissheit in einem Falle auf einem Querschnitt erkennen können, wo zwei benachbarte Zellen etwas auseinander gerissen waren, aber nicht indem sich eine sekundäre Schicht, wie es gewöhnlich zu geschehen pflegt, sondern indem

sich die primären Häute von einander losgelöst hatten, welche nun um jede Zelle deutlich zu erkennen waren. Von der Existenz der Zwischenzellstoffschicht habe ich mich nicht sicher überzeugen können. Dippel hat zu ihrem Nachweis hauptsächlich polarisiertes Licht angewandt. Nach Behandlung mit verschiedenen Reagentien sah ich allerdings zwischen den primären Häuten eine feine rötlich gefärbte Linie, doch kann dies auch nur eine optische Erscheinung gewesen sein. Bevor ich nun über die ausgebildeten Holzzellen der Coniferen fortfahre, muss ich noch über die ihnen eigentümlichen gehöften Poren und die Harzgänge sprechen.

Die gehöften Poren.

Meyen (Phytotomie) bemerkt auf den prosenchymatischen Zellen der Coniferen von zwei Kreisen umgebene Wäzchen, welche entweder in unregelmässigen Unterbrechungen oder in einer Reihe der Länge nach auf der Zellwand stehen. Link (Element. phil. bot.) hielt die Wäzchen für kugelige Zellen. Später hat man den Charakter der Wäzchen näher erkannt und nannte sie gehöfte Poren. Schacht hielt sie für Porenkanäle mit erweitertem Grunde. „Der Hofraum entsteht aus dem erweiterten Grunde der beiden auf einander treffenden Porenkanäle durch das Verschwinden der Scheidewand. Ein Hof findet sich nur zwischen Zellen von gleicher Wanddicke, und da wo beide Zellen zugleich ihren Saft verlieren.“ Das Fehlen der primären Membran hat er an äusserst dünnen Querschnitten und durch Stearin, in dem Carmin fein verteilt war, nachgewiesen. In der botanischen Zeitung 1860 erklärt Sanio das Entstehen des Hofes durch Auseinanderweichen der primären Häute; die beiden Porenkanäle sind durch die primären Membranen geschlossen. Nach Dippel bildet sich der Hof durch Einfaltung der primären Haut. Durch die Ausdehnung der Einfaltung und durch Ablagerung der Verdickungsschichten bildet er sich weiter aus. Die mitten durch gehende Scheidewand wird aufgelöst, sobald die betreffenden Zellen Luft führen, sie bleibt bei allen den Zellen, die nicht aufhören mit Saft gefüllt zu sein. Dann hat Sanio (Pringsheim, Jahrbücher Band IX) die Entwicklung und den Bau der Hofporen bei *Pinus silvestris* genau untersucht und die wesentlichsten Fragen erledigt. Die Masse zwischen den Radialwänden wird in den jungen Zellen resorbiert. An einzelnen Stellen erstreckt sich die Resorption auch auf die Zellwand, so dass sich dieselben in Form eines Kreises oder einer Ellipse von der übrigen Wand auf dem Radialschnitt abheben. Auf der Mitte der Verdünnung entsteht eine Verdickung in Form einer Scheibe. Am äusseren Rande der Verdünnung geschieht das Wachstum nicht auf der Verdünnung, sondern wächst von ihr ab und umgiebt sie in Form eines Kreisringes. Nun tritt die sekundäre Verdickung auf, welche den Kreisring verdickt und breiter macht, so dass nur ein Canal in der Mitte frei bleibt. Dass die Scheidewand des Hofes aus der primären Membran gebildet werde, hält S. (Flora 1874) auch gegen Dippels Behauptung aufrecht, dass sie, wie überhaupt der Porenverschluss, von der tertiären Membran gebildet werde.

Ich habe besonders viele Zeit auf diese Untersuchungen verwandt und bei *Pinus*, *Larix* und *Picea* in den verschiedensten Stadien und den verschiedensten Schnitten beobachtet. Eine Verschiedenheit in der Entwicklung konnte ich natürlich nicht zu finden erwarten, doch gelangte ich bei der einen oder der anderen von diesen drei Coniferen in manchen Verhältnissen eine grössere Klarheit anzutreffen, und hauptsächlich wollte ich die Beobachtungen bei der einen durch die bei den anderen controlieren. Ich habe der Hauptsache nach Sanios Beobachtungen bestätigt gefunden, im letzten Punkt aber, welcher den Porenverschluss anbetrifft, glaube ich Sanios und Dippels Ansichten vereinigen zu müssen.

Die Anfänge der gehöften Poren müssen wir schon ganz nahe am Cambium suchen. Für

die jüngsten Zustände habe ich Querschnitte nicht geeignet gefunden. Am besten sind sehr dünne Tangentialschnitte, doch muss man schon durch den jungen Bast zu schneiden beginnen, sonst kann man sehr leicht die jüngsten Zustände übergehen. Sehr alte Stämme, hundertjährige und darüber, wie Sanio sie empfiehlt wegen der Grösse ihrer Zellen, möchte ich nicht für passend halten. Denn einmal erreichen, wie S. selbst gefunden hat, die Zellen in einem viel früheren Alter eine Grösse, die nicht mehr überschritten wird, und dann sind die Jahresringe bei alten Stämmen immer nur sehr schwach, und man findet daher nicht viele Zellen in radialer Richtung, welche auf annähernd gleicher Entwicklungsstufe stehen, es folgt vielmehr ein Zustand unmittelbar auf den anderen, wobei viele Zwischenstadien nicht so klar erscheinen oder ganz übersehen werden können. Meine Kiefer und Lärche standen im 22. Jahre, die Grösse der Zellen war nicht wesentlich von der einige 70 Jahresringe erkennen lassenden Fichte verschieden. Die Lärche hat Jahresringe von 1,4 bis 2 cm Dicke, die der Kiefer waren nicht ganz so stark, während die äussersten der Fichte nur etwa 0,5 cm breit waren.

Die Zellen, auf denen sich die Anfänge der Höfe zeigten, waren noch nicht ganz ausgebildet, die warzige Innenauskleidung kann man aber schon bei viel jüngeren beobachten. Die Hofbildung beginnt damit, dass einzelne kreisförmige Stellen der primären Wand sich verdünnen, wobei zugleich der Rand stärker wird. Man sieht den Hof daher zuerst nur als hellen Kreis auf der Wand, der von der warzigen Schicht bedeckt ist. Sehr bald erscheinen am Rande zwei Ringe, sie bilden die Grenzlinien der sich wulstartig um die verdünnte Stelle sich erhebenden primären Haut. Bei schief durchschnittenen Höfen kann man den Schnitt durch die warzige Schicht gehen sehen, zuweilen ist sie etwas verschoben und man sieht darunter unmittelbar die gleichmässige primäre Haut. Hin und wieder bemerkt man auch schon eine schwach dunkler erscheinende Scheibe innerhalb der beiden erwähnten Kreise. Zwischen der Scheibe und dem Rande bleibt ein heller ziemlich breiter Kreisring, welcher bei weiterer Ausbildung immer schmaler wird, während der Ring zwischen den Kreisen am Rande sich verbreitert und so lange weiter wächst, dass der noch offen bleibende Kreis kleiner als die sich verdickende Scheibe ist. Man kann nun auch wieder drei Kreise erkennen: in der Mitte der kleinste als innere Begrenzung der zu dem gewölbten Kreisringe gewachsenen primären Haut, um diesen concentrisch einen etwas grösseren als äussere Begrenzung der Verdickung auf der verdünnten Stelle der primären Haut und schliesslich der Rand, welcher immer wegen der Stärke der primären Haut an dieser Stelle als dunkler Ring erscheint. Im Querschnitt erscheint die Hofanlage in den meisten Fällen als eine stellenweise Unterbrechung der primären Haut, weil der gerade durchgehende Teil derselben weggerissen und nur selten erhalten ist. Anfang und Ende der primären Haut werden an diesen Stellen zunächst dicker und fangen an gabelförmig gegen einander zu wachsen. Wenn nun die Ausbildung so weit vor sich gegangen ist, kann man auch die Anfänge der sekundären Verdickung eintreten sehen. Sie umgiebt gleichmässig die ganze Zellwand, folgt auch den Wölbungen der primären Wand, wächst aber an den Poren über die primäre Wand noch hinaus derart, dass sie das in der Wölbung offen gebliebene Loch noch verengert. Durch das Stärkerwerden der Verdickungsschichten entstehen die auf den Hof ausmündenden, sich gegenüber stehenden Porenkanäle. Die Verdickung der durch den Hof gehenden Scheidewand ist ziemlich beträchtlich. Sie erscheint im Herbstholz quer durchschnitten als eine kurze dicke Spindel, im Frühlingsholz ist sie verhältnissmässig nicht so dick; am Rande, wo sie mit den Zellwänden zusammen hängt, ist sie sehr zart. Sie ist immer vorhanden, auch in dem ältesten Holz. Im Frühlingsholze liegt sie in der Regel an einer Wand des Hofes und ist dann zuweilen hutartig in den Porenkanal

hineingedrungen. Wenn man nur diese Hälfte der Hofwandung zu sehen bekommt, so kann man besonders deutlich bei gefärbten Präparaten sehen, wie eine scharf gerandete die Pore verdeckende Scheibe sich von der Hofwandung abhebt. Auf dem Querschnitt scheint die primäre Haut an beiden Poren sehr häufig noch vorhanden zu sein, man muss sich aber vergegenwärtigen, dass der Porenkanal sehr enge und schief in die Länge gezogen ist. Wenn daher der Schnitt parallel der Richtung der Pore oberhalb oder unterhalb derselben geht, sieht man die primäre Haut ununterbrochen, doch lässt sich auch auf dem Querschnitt meistens das Fehlen der primären Haut constatieren, ich habe aber immer den Radialschnitt und etwas gegen die Radialebene geneigte Schnitte zu Hilfe genommen. Auf solchen schiefen Schnitten findet man eine ganze Reihe von Höfen, bei welcher sich keine Schnittlinie über der Pore bemerken lässt, und dann wieder andere, wo eine scharfe Schnittlinie darüber hingeht, mithin muss die Pore durch eine Haut geschlossen sein. In dem Übergange zwischen Frühlings- und Herbstholz ist die Lage der Scheidewand keine bestimmte, bald geht sie durch die Mitte des Hofes, bald ist sie etwas zur Seite gerückt und nach dieser gewölbt, oft liegt sie auch noch der Hofwand dicht an. Im Herbstholz geht die Scheidewand, wie überall wo das Verhältnis der Verdickung der Wände zur Grösse des Hofes bedeutender ist (Markstrahlen und Leitzellen), regelmässig durch die Mitte. Hartig behauptet, sie läge immer einer Wand an. Er fand dies dadurch, dass er Wasser in einer Kochflasche so lange erwärmte, bis sich die Flasche mit Wasserdampf gefüllt hatte; er verkorkte sie dann mit einem Stöpsel, der ein Stäbchen Holz luftdicht umschloss. Er kehrte nun die Flasche um und senkte nun das eine hervorragende Ende des Stäbchens in eine Flüssigkeit, in welcher ein sehr feiner Farbstoff suspendiert war. Die Flasche erkaltete allmählich, der Wasserdampf schlug sich nieder und erzeugte dadurch einen luftleeren Raum. Infolgedessen wurde die Flüssigkeit mit dem Farbstoffe hinein gepresst. Die Schnitte zeigten dann, dass die gefärbten Körnchen durch eine Pore in den Hof eingedrungen waren und durch die andere nicht hinauskonnten. Aus diesem Versuch darf Hartig aber wohl nicht schliessen, dass die Scheidewand an einer Seite liegt, sie konnte auch durch den Druck, dem sie ausgesetzt war, dahin getrieben sein. Ich habe fast alle meine Beobachtungen zuerst an ungefärbten, dann an gefärbten Schnitten gemacht; bei ersteren waren die Verhältnisse nur sehr undeutlich, oft gar nicht zu erkennen, dagegen traten sie meist scharf bei letzteren hervor. Ich versuchte anfangs Chlor-Zink-Jod als Färbemittel anzuwenden, doch wollte damit nichts Rechtes werden. Ich hatte Stangenzink während einiger Tage mit rauchender Salzsäure am Rückflusskühler so lange gelinde erhitzt, bis keine Gasentwicklung mehr zu bemerken war. Ich nahm nun eine Portion dieser Flüssigkeit, that 3 bis 4 Tropfen stark verdünnter Jodkaliumlösung hinzu und trug dann Jod ein, das sich leicht auflöste. Zur Färbung liess ich die Schnitte erst einige Stunden in dem ursprünglichen Chlor-Zink liegen, entfernte es dann ohne auszuwaschen und betropfte die Präparate mit der Jodlösung, worauf sich die primären Häute grünlichgelb, die sekundären Schichten violettblau, und die tertiäre gelbrot färbte. So gefärbte Schnitte gaben mir auch vielen Aufschluss über das Verhalten der warzigen Schicht. Dieselbe ist an der Bildung der mittleren Scheidewand mitbeteiligt, doch ist sie nicht die Scheidewand selbst, wie Dippel behauptet, sondern sie liegt der von den primären Häuten gebildeten Scheidewand zu beiden Seiten an. Die tertiäre Schicht ist schon vor der Anlage der Höfe da und hat sich lose der primären Wand angelegt. Während der Bildung des Hofes wird sie nicht resorbiert, denn sie kann in allen Stadien wegen ihrer charakteristischen Beschaffenheit deutlich wahrgenommen werden. Bei der Erhebung der primären Wände am Rande des Hofes müsste, wenn die tertiäre Haut sich an der verdünnten Stelle loslösen würde, der Hof zuerst

als ein von ihr vollständig umschlossener Hohlraum auftreten, was ich nie habe beobachten können. Auf Querschnitten durch das junge schon stark verdickte Holz fand ich aber immer die warzige Schicht im Hofe selbst u. z. zuweilen sehr deutlich von der schon verdickten primären Scheidewand in der Mitte abgelöst, dieselbe in leichtem Bogen zu beiden Seiten umgebend. In späteren Jahresringen zeigt die tertiäre Haut nur noch in selteneren Fällen die warzige Beschaffenheit, sie ist gleichmässiger geworden, ihre Verwachsung mit der Scheidewand ist eingetreten, und man kann sie zuweilen nur noch daran erkennen, dass die Ränder der durchschnittenen Scheidewand etwas körnig erscheinen. In der Nähe der Markscheide einer alten Kiefer sah ich zum ersten Mal eine sehr stark ausgebildete siebartige Zeichnung auf den Höfen. Sie war gewöhnlich da wo auch die Zellwand diese Beschaffenheit hatte, an manchen Stellen fehlte sie der Zellwand und kam nur auf den Höfen vor. Die Poren, die strahlenförmig auf den Höfen angeordnet standen, waren in der Regel nur klein, zuweilen kamen dazwischen auch einige grössere vor; später bemerkte ich, dass diese Zeichnung sehr verbreitet war, konnte sie aber nie mehr so gut ausgebildet finden. Bei der Besprechung der Markscheide habe ich schon diese Zellen erwähnt und gezeigt, dass die sieb- und gitterartige Verdickung der tertiären Membran eigentümlich ist. Untersucht man nun solche Höfe genauer, so bemerkt man, dass diese strahligen Siebe entweder ganze Hofwände mit der Pore bedecken, oder dass die Pore frei bleibt. Auf Querschnitten fand ich dann, dass die äusseren Hofwände und die mittlere Scheidewand am Rande ausgezackt waren und letztere zuweilen so dick, dass sie fast den ganzen Hof erfüllte. Als wirkliche Siebhofporen kann man diese Höfe nicht betrachten, da bei einem Sieb wirkliche Poren vorkommen, diese Verdünnungen sich aber nur auf die tertiäre Membran und nie auf noch eine andere Schicht erstrecken. Auch bei *Pinus Larix* und *Picea excelsa* habe ich diese eigentümlichen Siebe gesehen, doch war an solchen Stellen die tertiäre Haut nie so stark entwickelt, daher trat die Zeichnung nie so scharf hervor.

Es fand sich also die siebartige Verdickung zu beiden Seiten der Hofscheidewand und auf den äusseren Hofwandungen. Da diese Struktur nur bei der tertiären Membran gefunden wird, so bildet dieses gewissermassen eine Bestätigung der Beobachtung, dass die tertiäre Haut die Scheidewand des Hofes auf beiden Seiten bedeckt. Auf der inneren Seite der Hofwandung habe ich nie diese Haut gefunden. Wenn bei einem Präparat diejenige Hälfte einer Pore zu sehen war, in welcher sich die Scheidewand befand, so konnte man auf letzterer in manchen Fällen die kleinen Wärzchen wahrnehmen, doch nie, wenn nur die innere Seite der Hofwandung ohne die Scheidewand zu sehen war. Ich muss daher daraus schliessen, dass bei der Bildung des Hofes der wachsende Rand der primären Haut den dazwischen liegenden Teil der warzigen Innenauskleidung absehnürt, dass dann mit der weiteren Ausdehnung des Randes die tertiäre Haut wieder vollständig zusammen schrumpft; eine Öffnung an der Pore bleibt nicht in ihr zurück, ich habe sie öfter bei jungem Holze in den Porenkanal etwas hineingezogen gesehen. Natürlicher scheint die Erklärung, dass die tertiäre Haut überhaupt jede Hofhälfte auskleidet, doch habe ich hierfür nirgends eine Bestätigung finden können. Bei einem gut ausgebildeten Hofe aus dem jüngeren Holze sah ich einmal die beiden Hofhälften auseinander geklappt, sonst war aber alles unversehrt; auf der einen Hälfte lag etwas aufgehoben eine scharf gerandete, mit Wärzchen bedeckte kreisförmige Scheibe: die Hofscheidewand; von der darunter liegenden Hofhälfte war fast nichts zu sehen, die daneben liegende war aber frei und man konnte die innere Höhlung klar sehen, es zeigte sich nirgends eine Spur von einer warzigen Beschaffenheit. Die mit Wärzchen bedeckte Scheidewand war aber vollständig kreisrund und scharf begrenzt, so dass man nicht

annehmen konnte, sie hätte noch eine weitere Fortsetzung gehabt, durch die sie mit der übrigen tertiären Haut verbunden wäre. Die warzige Schicht lag im Innern der Zelle dem Hofe auf, und man konnte sie auch über die Pore hinweggehen sehen. Bei älteren Höfen scheint sie aber an den Poren resorbiert zu werden, denn ich habe sie da nie mehr wahrgenommen. Trotz der Gezwungenheit, die in der Erklärung liegt, muss ich doch auf Grund meiner Beobachtungen festhalten, dass die warzige Haut nur die Scheidewand bedeckt und weiter keinen inneren Teil des Hofes auskleidet.

Wir finden im Coniferenholz grosse und kleine Höfe, die sich in ihrem Bau nicht weiter unterscheiden, nur geht bei den kleinen die Scheidewand immer durch die Mitte oder ist nur sehr wenig zur Seite gerückt.

Die Porenkanäle, die auf den Hof münden, sind nicht rund, sondern schief in die Länge gezogen. Eigentliche Canäle finden sich nur bei stark verdickten Zellen.

Über den Bau der kleineren Poren habe ich keine besonderen Untersuchungen angestellt, bei Gelegenheit aber bemerkt (bei den Leitzellen der Wurzel), dass sie in vielen Fällen durch die primäre und tertiäre Haut verschlossen sind. Die Poren der Holzstumpzellen und Markstrahlen besitzen die primäre Haut, doch scheint sie bei den älteren Holzspitzzellen nicht, und nur die tertiäre vorhanden zu sein. Die Holzzellen an den grossen Markstrahlen von *Pinus silvestris* zeigen ganz deutlich, dass die primäre Haut plötzlich aufhört.

Die Harzgänge.

Wir haben schon Harzgänge in der Rinde kennen gelernt, doch ist ihr Bau viel einfacher, als derjenige der im Holze vorkommenden. Im wesentlichen stimmen sie bei *Picea* und *Larix* vollständig überein, nur bei *Pinus silvestris* treffen wir auf grössere Unterschiede. Allen dreien gemeinschaftlich ist die Entstehung der Harz absondernden Zellen aus mehreren cambialen Zellen durch Teilung. Indem diese Zellen auf die anfangs erwähnte Weise zum Auseinanderweichen gebracht werden, bildet sich eine Lücke. Die innersten Zellen bleiben meistens zartwandig und sondern das Harz ab; einige umliegende schliessen sich dem Harzgang an, teilen sich durch Querwände und verdicken sich; sie führen das Material für die Harzbereitung, welches wohl hauptsächlich in Stärke besteht, denn in noch lebensfrischen Teilen sind sie reich mit Stärkekörnern erfüllt. Die Harzkanäle älterer Jahresringe, auch die zartwandigen Harzzellen, teilweise sogar auch weiter entfernte Holzzellen enthalten nur Harz. Stärkekörner findet man nur noch in den Markstrahlen, woraus hervorgeht, dass dieselben noch thätig bleiben, wenn die gleichalterigen Holzzellen schon lange abgestorben sind. Dippel (Bot. Zeitung 1863) unterscheidet 3 Arten von Harzbehältern: einzelne Harzzellen, harzführende grössere Zellgruppen und wahre Harzgänge. Ich habe namentlich in den parenchymatischen Zellen der Wurzel Zellen gesehen, welche Harz enthielten, doch möchte ich sie nicht als besondere Organe ansehen. Das Harz ist entweder aus nahe gelegenen Canälen in sie hinein gekommen, oder ihr Inhalt hat sich selbständig umgewandelt, was mir aus mehrfachen Gründen wahrscheinlicher erscheint. Die sogenannten Harzkanäle sind keineswegs immer lange ununterbrochene hohle Röhren, im Gegenteil, sie sind fast immer durch absondernde und Stärke führende Zellen in längere oder kürzere Lücken geteilt; die den Harzkanal zusammensetzenden Zellen setzen sich aber immer ohne Unterbrechung längere Strecken im Stamme fort, und man darf daher nur den Ausdruck Gang und nicht Canal gebrauchen. Die Harzgänge der Wurzel sind denen des Stammes im wesentlichen gleich.

Bei einem jungen Harzgang von *Pinus Larix* finden wir als innerste Auskleidung zartwandige

Zellen, die umgeben sind von parenchymatischen schon etwas verdickten, an welche sich andere anschliessen, welche den Übergang zum Holz bilden, die aber nicht wie jene einen geschlossenen Ring um den Gang bilden, sondern nur hin und wieder auftreten. Diese am äussersten Umfange der Harzgänge vorkommenden Zellen haben genau das Aussehen der umliegenden Holzspitzzellen, doch kommen bei ihnen ziemlich weit von einander entfernte Querwände vor, auf welchen ich eine oder auch mehrere grosse gehöfte Poren gesehen habe. Man kann nicht selten beobachten, wie eine dieser aus einer Spitzzelle hervorgegangenen Stumpfzellen sich durch eine Längswand geteilt und weiter verändert hat, so dass sie in ihrem Bau mit den inneren verdickten Zellen übereinstimmt, doch unterscheidet sie sich durch ihre bedeutendere Länge von ihnen. In älteren Teilen habe ich bei *Larix* und *Picea* nur noch wenige der zartwandigen Zellen gesehen, vielleicht verdicken sie sich auch mit der Zeit oder werden aufgelöst. Sehr weite Gänge (wie bei *Picea*) habe ich nicht getroffen, doch finden sich öfter mehrere dicht neben einander. Sie kommen überall im Holze vor, am zahlreichsten habe ich sie jedoch im Herbstholz, dicht an der Grenze zum nächsten Jahresringe gefunden. Im Frühlingsholze sind sie dafür viel grösser. In den Markstrahlen finden sich ebenfalls sehr häufig Harzgänge; sie unterscheiden sich nicht wesentlich von den anderen. Um die inneren zartwandigen Zellen finden sich hier nur eine oder zwei Lagen von engen, reich mit Poren versehenen, stärker als die Markstrahlen verdickten Zellen.

Die absondernden Zellen bei *Picea* scheinen sich auch nur teilweise zartwandig zu erhalten. Eine gleichmässige innere Bekleidung des Canals bilden verdickte, meist schmale und längliche Zellen, an denen man, in den Canal hineinragend, hin und wieder eine zartwandige sieht. An diese schliessen sich breitere stark verdickte Zellen mit einfachen Poren auf allen Wänden; hierauf folgen langgestreckte schmale, mässig verdickte mit kleineren gehöften Poren auf allen Wänden. Dann findet man bei *Picea* eine so grosse Anzahl von gewöhnlichen Holzzellen, die sich durch gerade Querwände, auf denen gehöfte Poren vorkommen, geteilt haben, wie ich sie weder bei *Larix* noch bei *Pinus silvestris* jemals beobachtet habe. Am Harzganze bei *Picea* finden sich also 1. zartwandige parenchymatische Zellen, 2. stark verdickte, kurze parenchymatische Zellen mit einfachen Poren auf allen Wänden, 3. längere schmale, mässig verdickte Zellen mit geraden Querwänden und kleinen gehöften oder einfachen Poren, und 4. Holzzellen, die sich durch eine oder wenige Querwände geteilt haben. Die Gänge der Markstrahlen unterscheiden sich nicht von denen bei *Pinus Larix*. Im älteren Holze erreichen die Harzgänge zuweilen ganz bedeutende Dimensionen. Im Querschnitt erscheinen sie spaltenförmig, gehen durch mehrere Jahresringe durch und haben mehrere Zoll Ausdehnung in der Länge. Zuweilen findet man auch nur kurze, lückenartige, scheinbar vollständig abgeschlossene Behälter, die ganz mit Harz erfüllt sind. Es sind dieses nur stark erweiterte Stellen in den Harzgängen; die eigentlichen Gänge mit ihren eigentümlichen Zellen kann man noch weit über sie hinaus verfolgen. Eigentliche Lücken, d. h. kurze, ringsum abgeschlossene, sich nicht weiter fortsetzende Höhlungen habe ich, wie oben erwähnt, bei diesen drei Nadelhölzern nicht gefunden. An Zahl der Harzgänge steht die Fichte der Lärche nach, letztere wird aber von der Kiefer übertroffen.

Bei *Pinus silvestris* kann man auch in dem ältesten Holze die inneren zartwandigen Zellen erhalten sehen. Sie sind ziemlich weitlichtig, auf dem Längsschnitt rechteckig bis quadratisch und bilden an manchen Stellen mehr als eine Lage. Auf sie folgen ebenfalls dünnwandige, doch längere und schmälere Zellen. Von Poren ist bei ihnen noch nichts zu sehen, erst die nächsten, die noch länger als die vorigen sind, haben einfache grössere und kleinere Poren. Die kurzen, stark verdickten parenchymatischen Zellen, welche bei *Larix* und *Picea* sofort den Harzgang

ankündigten, sind hier gar nicht zu finden. Demgemäss fehlen sie auch bei den Markstrahlen, wo der Harzgang, mit Ausnahme der Markstrahlzellen, auch nur aus den zartwandigen Zellen besteht. Holzzellen mit Querwänden kommen nur sehr selten vor; nur einmal sah ich auf einer Querwand eine grosse einfache Pore. Bei *Pinus silvestris* allein habe ich öfter in Begleitung von Harzgängen fein gegitterte Zellen gesehen, und andere mit vielfach eingeschnürter Zellwand, welche ganz mit den im Baste Krystalle enthaltenden übereinstimmten; regelmässig scheinen sie aber nicht aufzutreten.

Die eigentlichen Holzzellen.

Der bei weitem grösste Teil des Coniferenholzes besteht aus Spitzzellen. Die Gefässe, welche den Laubhölzern eine so grosse Mannigfaltigkeit in ihrem anatomischen Bau geben, fehlen (*Ephedra* ausgenommen) ganz. Die Holzzellen unter einander zeigen nur wenige wesentliche Verschiedenheiten. Teilungen der Holzspitzzellen durch gerade Querscheidewände kommen auch nicht in grosser Zahl vor. Am verbreitetsten habe ich sie noch bei *Picea excelsa* auch in grösserer Entfernung von den Harzgängen gefunden. Bei *Larix* treten sie auch nicht immer nur allein bei Harzgängen auf, doch habe ich sie bei *Pinus silvestris* nie von ihnen getrennt gesehen. Stumpfzellen kommen in grösserer Menge in der Markscheide und bei Harzgängen vor, sonst habe ich eine bis zwei Lagen nur bei *Pinus Larix* hin und wieder auf der Grenze zwischen Herbst- und Frühlingsholz gesehen. Bei den Coniferen tritt der Unterschied zwischen dem jüngsten und ältesten Holz des Jahres ausserordentlich stark hervor. Der innere Teil des Jahresringes, das sogenannte Frühlingsholz, erscheint hell und lässt sich auch viel leichter schneiden, als der äussere bräunlich aussehende, das sogenannte Herbstholz. Über ihr Verhältnis zu einander hatte Mohl (*Bot. Zeitung* 1862) behauptet, es hänge von der Breite der Jahresringe ab und zwar so, dass in breiten Jahresringen das Frühlingsholz, in schmalen das Herbstholz überwiegt. Sanio stellt dieses als irrtümlich fest und findet durch seine an vier Abschnitten einer mehr als hundertjährigen Kiefer gemachten Messungen, dass die Breite des Frühlingsholzes zunächst von oben nach unten steigt, dann abnimmt, um weiter nach unten wieder zu steigen. In den Jahrbüchern Band IX giebt er eine Tabelle der Masse.

Der wesentlichste Unterschied beruht auf der ausserordentlich starken Wandverdickung der Herbstholzzellen; auch findet sich bei ihnen eine wie eine spiralige Verdickung aussehende Schraube. In Wirklichkeit ist es keine besondere Verdickung (Dippel), vielmehr, wie ich mich an gefärbten Radialschnitten oft überzeugen konnte, eine in Form eines regelmässigen Schraubenbandes hervortretende Erhebung der sekundären Verdickung; die tertiäre Verdickung schliesst sich diesen Unebenheiten überall dicht an. Ich habe zuweilen durch Zufall Schnitte erhalten, bei denen fast die ganze sekundäre Verdickung einer radialen Wand weggeschnitten war und nur noch ein sehr dünner Teil übrig blieb, welcher an manchen Stellen nur noch regelmässige schräge und parallele Rippen zeigte; in solchem Falle habe ich auch im Herbstholz von *Pinus silvestris* eine deutliche Spirale gesehen, während man sie bei gewöhnlichen Schnitten nicht bemerken kann. Von einer Felderung der Wand, wie sie Naegeli, Sachs und Hoffmeister annehmen, die vielleicht von zwei sich kreuzenden Schraubenfäden herrühren könnte, habe ich bei dünnen Schnitten nirgends eine Spur gesehen. Bei *Larix* und *Picea*, die eine sehr stark hervortretende Schraube haben, war auf dünnen Radialschnitten auch nie etwas dergleichen zu sehen. Anders ist es allerdings bei Tangentialschnitten durch Herbstholzzellen. Der radiale Durchmesser ist hier sehr gering, und die inneren Tangentialwände sind infolge der enormen Verdickung so nahe gerückt, dass man eine einzelne Wand nur ganz ausnahmsweise einmal erhalten kann. Hat man noch ein

Quellungsmittel hinzugefügt, so berühren sich die beiden entgegengesetzten Wände vollständig, und man sieht dann zwei sich kreuzende Linien, die ganze Wand also in rhombische oder quadratische Felder geteilt. Sachs meint, dass die Wand aus schachbrettartig angeordneten wasserreicheren und wasserärmeren Feldern bestehe. Über die Grösse der Holzzellen hat Sanio (Jahrbücher VIII. B.) an einer alten Kiefer umfassende Untersuchungen angestellt; ferner verweise ich hierbei noch auf Schacht, Anatomie und Physiologie II p. 174 und Mohl, Botanische Zeitung 1862 p. 233.

In dem Wurzelholze finden wir keine Verhältnisse, welche im Stamme nicht vorkommen, so dass nur einige Abänderungen zu erwähnen sind. Ein glatter Querschnitt durch eine Wurzel lässt uns noch vollkommen deutlich den Unterschied in den Jahresringen erkennen, doch ist er bei weitem nicht so ausgeprägt wie im Stamme. Die Herbstholzzellen sind nicht so sehr durch starke Verdickung, als durch geringeres Lumen ausgezeichnet. Die weitlichtigsten Zellen überwiegen so bedeutend, dass ich in manchen Jahresringen nur zwei bis drei Kreise enger gefunden habe. Je tiefer die Wurzel in der Erde liegt, desto geringer werden natürlich noch die Unterschiede zwischen Herbst- und Frühlingsholz werden.

Stumpfzellen kommen ausser im Centralteil auch nur, wie im Stamme, in sehr beschränktem Masse vor. Selbst bei *Picea* und *Larix* habe ich keine spiralförmige Zeichnung in den Herbstholzzellen bemerken können; eine schraubige Verdickung besitzen nicht einmal die Leitzellen. Die Verhältnisse der Holzzellen zu den Poren und Markstrahlen sind im wesentlichen genau wie im Stamm, doch finden sich die gehöften Poren in der Regel in zwei Reihen. Bei den Markstrahlen von *Picea excelsa* habe ich ausser den gewöhnlichen kleinen Poren noch etwa doppelt so grosse gefunden, jedoch nur in den innersten Jahresringen.

Ein wesentlicher Unterschied tritt uns im Bau der Markstrahlen entgegen. Bei allen drei Nadelhölzern können wir zwei Hauptgruppen erkennen: 1. einfache Markstrahlen, 2. Markstrahlen mit einem Harzgang. Beide Arten sind bei *Picea* und *Larix* so vollkommen gleich, dass sie zusammen abgehandelt werden können. Ein einfacher Markstrahl besteht aus parenchymatischen, in radialer Richtung in die Länge gezogenen Zellen, welche im Frühlings- und Herbstholz gleich stark, überhaupt nur mässig verdickt sind. Sie durchsetzen gewöhnlich in nur eine Zelle breiten Bändern entweder den ganzen Stamm vom Mark durch das Holz und den Bast bis zur Borke (die primären Markstrahlen), oder sie erreichen nicht das Mark, sondern endigen im Holze (die sekundären, welche aus dem ringförmigen Cambium entstanden sind). Zwei Zellen in horizontaler Richtung neben einander kommen nur selten vor, doch herrscht in der Vertikalreihe eine grosse Mannigfaltigkeit in der Zahl. Eine einzige Zelle findet sich nicht oft, doch kommen zwei, drei, vier u. s. w. bis zwanzig über einander vor. Die einzelligen Markstrahlen besitzen viele, doch gewöhnlich ziemlich regelmässig in zwei Reihen stehende einfache Poren; bei den aus vertikal über einander liegenden Zellen bestehenden Markstrahlen treten zweierlei Arten auf: einfache und kleine gehöfte Poren. Die Querscheidewände der Markstrahlzellen sind entweder gerade oder etwas geneigt, zuweilen aber so schief, dass sie eine bedeutende Länge erreichen. Sie enthalten die Poren, welche sich auf den Wänden der benachbarten Zellen finden. Die Zellen mit den gehöften Poren sind sehr in der Minderzahl gegen diejenigen mit den einfachen; in der Regel stehen sie nur auf der obersten und untersten Zellreihe des Markstrahls, nur zuweilen treten noch einige wenige daneben liegende Zellreihen hinzu (was man bei *Larix* öfter als bei *Picea* sehen kann), und noch seltener trifft man sie in der Mitte des Markstrahls zwischen Zellen mit einfachen Poren.

Die einen Harzgang führenden Markstrahlen bestehen oben und unten aus mehreren vertikal über einander liegenden Reihen gewöhnlicher Markstrahlzellen; in der Mitte liegt der Harzgang mit den hier nur sehr engen, verdickten und mit vielen kleinen Poren versehenen, Stärke führenden Zellen und den zartwandigen, welche das Harz bereiten und in den Gang abscheiden.

Bei *Pinus silvestris* haben wir gleichfalls die zwei Hauptgruppen: die einfachen Markstrahlen und diejenigen, welche einen Harzgang enthalten. Die ersteren bilden nur eine Zelle breite und eine bis mehr als zwanzig Zellen hohe Vertikalreihen. Auch hier finden wir gehöfte Poren, die kleiner sind als die grossen der Holzzellen, aber grösser als die entsprechenden bei *Larix* und *Picea*. Die oberste und unterste Zellreihe hat in der Regel diese gehöften Poren, allein sehr oft trifft man auch in der Mitte des Markstrahls eine oder mehrere Reihen, so dass hier die gehöften Poren sehr verbreitet sind. Die Markstrahlzellen, welche einfache Poren tragen, sind aber für die Kiefer noch viel charakteristischer. Auf jedem Radialschnitt kann man grosse, die ganze Breite einer Holzzelle einnehmende unverdickte Stellen sehen, die wie grosse Löcher in den Markstrahlzellen erscheinen; zuweilen findet man im Frühlingsholze solch eine grosse Pore durch eine schwache Leiste, welche auf der Markstrahlzelle liegt, geteilt. Im Herbstholz, wo wegen der Enge der Zellen die Pore auch nicht gross ist, findet sie sich nie. Man nennt diese die grossen Poren enthaltenden Markstrahlen grosse Markstrahlen. Es sind aber bei ihnen noch zwei Arten zu unterscheiden, die eine hat da, wo die Wände zweier benachbarter Holzzellen anstossen, eine dicke Leiste, welche auf dem Querschnitt wie ein halbkreisförmiger Knopf erscheint; der anderen fehlt diese Verdickung.

Da über die Zellen, welche im Holze vorkommen, schon zum grossen Teile in den einzelnen Kapiteln gesprochen werden musste, so braucht hier nur noch eine kurze Ergänzung Platz zu finden.

Pinus Larix.

Die Hauptmasse des Holzkörpers von *Pinus Larix* wird von Holzspitzzellen gebildet. Ihre Enden laufen teils in eine einfache Spitze aus, teils sind sie abgerundet, zuweilen auch gegabelt. Die Wände bestehen aus drei Schichten: 1. die primäre Wand, welche immer nur sehr dünn erscheint, 2. die sekundäre Verdickung und 3. die von Dippel tertiäre Schicht genannte, welche als ein warziges Häutchen schon in den jüngsten Zellen lange vor dem Auftreten der sekundären Verdickung zu finden ist. Sie ist kaum so dick wie die primäre Haut. Die innersten Zellen des Jahresringes zeichnen sich vor den äusseren durch ein grösseres Lumen und schwächere Verdickung aus, es sind die Frühlingsholzzellen. Sie sind in der Mehrzahl fünf- und sechseckig, in radialer Richtung weiter als in tangentialer. Je weiter wir nach der äusseren Grenze des Jahresringes kommen, desto dicker werden die Zellen in der Wand, der radiale Durchmesser nimmt immer mehr ab, bis er in den letzten Herbstholzzellen kaum mehr als die Hälfte des tangentialen beträgt. Eine deutliche spiralige Zeichnung findet sich in den schwach verdickten Zellen nicht, nur eine feine Schraffur; eine sehr deutliche Schraubenlinie lässt sich aber in den Herbstholzzellen beobachten.

Auf den Spitzzellen findet man kleine und grosse einfache und gehöfte Poren; die grossen gehöften stehen in der Regel nur in einer Reihe auf den Radialwänden, in seltenen Fällen kommen sie zweireihig vor. Die Tangentialwände der Herbstholzzellen auf der Grenze des Jahresringes und in der Nähe desselben haben sehr zahlreiche kleine gehöfte Poren, sonst finden sich dieselben nur ausnahmsweise auf den tangentialen Wänden. Wenn die anstossenden radialen Wände zweier benachbarter Zellen erhalten sind, so sieht man die beiden Porenkanäle des Hofes sich kreuzen.

Die Porenkanäle sind in Frühlings- und Herbstholzzellen in der Richtung einer in allen Zellen gleichlaufenden Spirale spaltenförmig in die Länge gezogen, es müssen daher die etwa vorkommenden Schraubenlinien oder Spalten gleichliegender Wände parallel gehen, dagegen die der entgegengesetzten sich kreuzen. Einfache Poren finden sich nur unmittelbar an Markstrahlen und an Stumpfzellen. Wo die mit Höfen versehenen Markstrahlzellen vorüber ziehen, haben natürlich auch die Holzzellen diese kleinen Höfe.

Die geteilten Holzzellen sind schwach verdickte Spitzzellen, welche sich durch gerade Querwände geteilt haben. Sie kommen in der Regel bei Harzgängen vor, sonst nur sehr selten. Sie haben auch auf den Querwänden gehöfte Poren; einfache nur da, wo sie neben solchen Zellen liegen, die nur einfache besitzen. Eigentliche Stumpfzellen finden sich regelmässig in der Markscheide, den Markstrahlen und den Harzgängen, wo sie bereits beschrieben sind. Ausserdem habe ich zuweilen eine Stumpfzelle als letzte Herbstholzzelle gesehen.

Die gitterartige Verdickung der Gitterzellen lag in der tertiären Haut und trat in drei Formen auf: a) weitmaschige, b) grossmaschig regelmässig polygonal gegitterte, c) feinmaschige, mehr siebartig aussehende. Die Zellen sind in der Regel dünnwandig und finden sich nur in sehr beschränkter Masse. Bei Markstrahlen ist die feinmaschige Form häufiger, die grossmaschige habe ich nur in einem Falle auf einer Markstrahlzelle der Wurzel beobachtet.

Picea excelsa.

1. Holzspitzzellen. Nur die äussersten Herbstholzzellen besitzen eine deutlich sichtbare Schraubenlinie. Der radiale Durchmesser nimmt von innen nach aussen im Jahresringe ab, die Verdickung dagegen zu. Die grossen Höfe kommen in der Regel nur auf den radialen Wänden vor, kleine finden sich an Markstrahlen mit kleinen Höfen und in grosser Zahl auf den tangentialen Wänden der äussersten Herbstholzzellen. Die einfachen Poren sind wie bei *Larix* ebenfalls schmal und spaltenförmig in die Länge gezogen.

2. Leitzellen.

3. Geteilte Holzzellen kommen zahlreicher als bei *Larix*, namentlich in der Nähe des Markes vor, sonst finden sie sich regelmässig bei Harzgängen. Sie haben gehöfte Poren auf den radialen und auf den Querwänden, dicht am Harzgang auch in grösserer Zahl auf den tangentialen Wänden. In Berührung mit Stumpfzellen finden sich einfache Poren.

4. Stumpfzellen. Sie kommen in der Markscheide, den Markstrahlen und Harzgängen vor, wo sie schon beschrieben sind.

5. Gitterzellen fand ich nur sehr selten und sehr undeutlich ausgebildet neben den Leitzellen der Wurzel.

Pinus silvestris.

1. Holzspitzzellen. Die Wandverdickung nach dem Herbstholz wird verhältnismässig lange nicht so stark wie bei *Picea* und *Larix*. Eine schwache Schraubenlinie bei den stärker verdickten Zellen ist vorhanden, doch nicht immer deutlich sichtbar. Die kleinen Höfe auf den Tangentialwänden der Herbstholzzellen in der Nähe der Grenze des Jahresringes fehlen. Gehöfte Poren besitzen fast ausschliesslich die Radialwände, nur in der Nähe des Markes und der Harzgänge finden sie sich zuweilen auch auf den tangentialen Wänden. Die gehöften Poren auf den Herbstholzzellen sind auch nur sehr klein, wie bei *Picea* und *Larix*. An den grossen Markstrahlen sind die Poren der Holzzellen nur durch die tertiäre Haut verschlossen, die primären und sekundären Schichten hören ganz auf. Im Frühlingsholz kann man noch die primäre Haut ein

kleines Stück längs der Wand der Markstrahlzelle weiter gehen sehen, dann hört sie beiderseits plötzlich auf. Die sekundäre Schicht wölbt sich erst etwas nach innen und hört dann auch auf. Bei den stärker verdickten Zellen sind die grossen Poren viel kleiner, da die Zellen schmaler sind, und die Verdickung im Verhältnis zum Lumen stärker wird. Man findet in den letzten Herbstholzzellen auch die gewöhnlichen kleinen einfachen Poren, wie sie zwischen Markstrahlen und Holz bei der Fichte und Lärche vorkommen.

2. Leitzellen.

3. Geteilte Holzzellen fand ich selbst in der Nähe der Harzgänge nur sehr selten. Sie haben je nachdem einfache oder gehöfte Poren.

4. Die Stumpfzellen besitzen nur einfache Poren und finden sich in der Markscheide und den Harzgängen.

5. Gitterzellen u. z. grossmaschige, sind ziemlich zahlreich in den Leitbündeln der Wurzel. Im Stamme habe ich die fein gegitterten öfter in Begleitung der Harzgänge gesehen. Eine siebartige feine Gitterung kann man auch bei Markstrahlen und Holzzellen erkennen, ebenso an gehöften Poren.

Der Bast.

1. *Picea excelsa*.

Die jungen Bastzellen zeigen in der Nähe des Cambiums noch keine wesentlichen Unterschiede. Sie sind gleichmässig verdickt, nur in der radialen Wand etwas stärker; die innerste Schicht, die wir auch schon bei den Holzzellen kennen gelernt haben, ist bereits vor der sekundären da. Der tangentielle Durchmesser übertrifft den radialen um mehr als das Doppelte. Weiter ab vom Cambium sieht man regelmässige Schichten von tafelförmigen, in der radialen Wand stärker verdickten, weitlichtigeren, im Umfange mehr quadratisch aussehenden, ganz mit grossen scheibenförmigen Stärkekörnern erfüllten Zellen. Die schmalen tafelförmigen Zellen bilden radiale Reihen von drei bis fünf und mehr Zellen; es sind die prosenchymatischen Siebzellen; die grösseren rundlichen bilden nur radiale Reihen von zwei bis drei Zellen, es sind Stumpfzellen, welche durch Teilung der Spitzzellen entstanden sind, wovon man sich besonders bei maceriertem Baste leicht überzeugen kann, indem man hier eine vollständige Spitzzelle durch viele gerade Querwände in diese parenchymatischen Zellen geteilt sieht. Sie haben in der Regel eine länglich-tönnchenförmige Gestalt und sind etwa zwei bis drei mal so lang als breit. Die sekundäre Verdickung ist nur sehr schwach; die Innenauskleidung hat eine mehr oder minder deutlich sichtbare, gewöhnlich fein-, oft auch gröbermaschige Struktur. Eigentümlich diesen Stumpfzellen ist noch eine regelmässig nur auf einer einzigen Längswand vorkommende, den Siebporen der Bastzellen durchaus ähnliche Bildung. Sie ist jedenfalls die Stelle, an welcher der Kern gesessen hat; dieselbe ist unverdickt und die unmittelbar auf der primären Haut aufliegende warzige Haut gibt dieser Stelle das Aussehen einer Siebpore. So deutlich und so regelmässig vorkommend habe ich diese Erscheinung sonst nirgends beobachtet. Aus diesen Stumpfzellen bilden sich Dickzellen und solche Zellen, welche Krystalle enthalten. Man findet auf Längsschnitten nicht selten eine Vertikalreihe parenchymatischer Zellen, von denen einige, mit Stärkekörnern erfüllt, noch ganz das Aussehen von gewöhnlichen Stumpfzellen haben; andere enthalten grosse rhombische Krystalle. Die Wände der letzteren sind nicht so regelmässig gerade, sie sind oft eingebogen und zerknittert. Die sekundäre Verdickung und auch die Innenauskleidung sind durch das Anliegen der Krystalle in hellere Felder geteilt, welche von dunkleren Leisten begrenzt werden. Das abwechselnde Vorkommen von diesen Krystalle enthaltenden und den mit Stärkekörnern erfüllten Zellen, in

einer Vertikalreihe von Stumpfzellen, welche aus einer einzigen Spitzzelle entstanden sind, zeigt deutlich ihre Entstehung aus den parenchymatischen Zellen an. Eine andere Umwandlung erfahren diese Stumpfzellen in den älteren Teilen der Rinde. Sie werden grösser, die Stärkekörner werden allmählich aufgelöst, und die Wände fangen an sich zu verdicken. Wenn die Verdickung noch nicht zu weit vorgeschritten ist, kann man auf allen Wänden dicht neben einander die kleinen Porenkanäle sehen. Auf dem Radialschnitt sieht man diese Zellen auch noch in regelmässigen vertikalen Reihen liegen. Die Verdickung geht ausserordentlich schnell vor sich, dabei sind die Zellen noch etwas gewachsen und haben kleine Äste teils in das benachbarte Gewebe, teils gegen einander ausgeschickt, welche ihnen einen sehr festen Zusammenhang verleihen. Durch die starke Ausdehnung der Dickzellen werden die dazwischen liegenden Bänder der tafelförmigen Siebzellen so eingeengt, dass die tangentialen Wände fast ganz zusammenstossen und von einem Lumen nichts übrig bleibt. Im jüngeren Baste erscheinen die Siebzellen weitlichtiger, doch in radialer Richtung verschmälert, innen mit der körnigen Schicht ausgekleidet. Die radialen Wände sind stärker verdickt als die tangentialen. Die Siebporen sind kreisrund oder elliptisch, zuweilen nehmen sie die ganze Breite der Wand ein, oft sind sie drei- oder viereckig. Die grösseren Siebporen sind oft durch eine oder zwei Leisten in Abteilungen getrennt. Immer kann man beobachten, dass an einer Stelle eine verdickte Leiste in die Siebpore eintritt und an dieser reihen sich wie astartige Verzweigungen die kleinen Poren an.

Das Abfallen der Borke in Schuppen beruht auf der verschiedenen Festigkeit der einzelnen Zelllagen in der Rinde. Die fest zusammen hängenden Gruppen von Dickzellen werden durch Lagen von zarteren Siebzellen getrennt. Das Wachstum im Innern bewirkt nun ein teilweises Zerreißen der weniger festen Siebzellwände um die Dickzellgruppen herum, und schliesslich bewirken die hinzutretenden Witterungseinflüsse ein vollständiges Loslösen der Schuppen.

Pinus Larix.

Die jungen Bastzellen haben schon sehr bald nach ihrem Entstehen aus dem Cambium die normale Gestalt und Verdickung erlangt; sie besitzen auch die Innenauskleidung. Es tritt schon frühe ein Unterschied unter den anfangs schmal tafelförmigen Zellen auf; einzelne werden weitlichtiger und in ihrem Umfange mehr rundlich, sie sind mit Stärkekörnern erfüllt und nur schwach verdickt; die Innenauskleidung ist deutlich sichtbar; die Würzchen bilden, durch Leisten verbunden, eine feinmaschige netzartige Zeichnung. Es sind diese Stumpfzellen, welche aus den Spitzzellen durch sehr zahlreiche Querwände entstanden sind. Sie haben in der Regel eine breit-tönnchenförmige Gestalt und sind etwa ein bis zwei mal so lang als breit. Eine der Siebpore ähnliche Erscheinung wie bei *Picea* habe ich nicht gefunden. Wir finden bei *Larix* keine vollständig regelmässige Anordnung von Stumpf- und Spitzzellenschichten; die Stumpfzellen, die in sehr grosser Zahl vorkommen, sind mehr unregelmässig unter den Siebzellen zerstreut, und hin und wieder bemerkt man zwischen zwei Markstrahlen eine oder zwei Tangentialreihen von Stumpfzellen, darauf mehrere Siebzellen, dann wieder Stumpfzellen. Aus denselben entstehen ebenfalls wieder Dickzellen und Krystalle führende Zellen. Da die Stumpfzellen nicht in solchen regelmässigen concentrischen Lagen vorkommen, so finden wir auch die stark verästelten Dickzellen mehr vereinzelt und nicht zu einem so festen Gewebe verbunden wie bei *Picea*. Die Krystalle enthaltenden Zellen sind oft recht breit und besitzen die gitterartige Zeichnung. Dieselbe erscheint hier sehr scharfkantig, die helleren Felder länglich und unregelmässig durch einander. Die Krystalle sind ganz denen bei *Picea* ähnlich, kamen aber bei *Larix* viel häufiger vor, was aber

wohl in dem verschiedenen Nahrungsreichtum seinen Grund hat. Die prosenchymatischen Zellen sind immer schmal tafelförmig, in der radialen Wand stärker verdickt als in der tangentialen. Die Grösse und Gestalt der Siebporen ist ziemlich verschieden; zuweilen sind sie kreisrund oder elliptisch, zuweilen schraubenartig in die Länge gezogen.

Pinus silvestris.

Die jüngsten Bastzellen haben sich noch nicht durch Querwände geteilt; dieselben treten erst bei älteren auf, doch finden wir nicht die deutlichen Grössenunterschiede, welche uns bei *Larix* und *Picea* die Stumpfzellen von den Siebzellen schon auf dem Querschnitt erkennen liessen. Hin und wieder sieht man etwas engere rechteckige oder quadratische Zellen, welche Krystalle enthalten. Auf dem Querschnitt treffen wir nie die breite oder länglich tönchenförmige Art; die Zellen haben in der Regel gerade Längswände, selten sind sie etwas gewölbt. Sie sind viel länger als die Stumpfzellen der anderen beiden Hölzer; in tangentialer Richtung sind sie fast doppelt so breit als in radialer. Sie kommen im allgemeinen nicht so zahlreich vor wie bei *Picea* und *Larix*. Aus ihnen bilden sich ebenfalls Zellen, welche Krystalle führen und Dickzellen. Erstere sind im Querschnitt rechteckig oder quadratisch, die radiale Wand ist noch schmaler als bei den gewöhnlichen Stumpfzellen. Die Innenauskleidung hat eine regelmässige sehr feine, doch scharf conturierte netzartige Zeichnung. Die Krystalle sind sehr verschieden von denen der anderen; es sind lange, an beiden Enden zugespitzte Prismen. Die Dickzellen erscheinen hier vollständig regelmässig parenchymatisch, auf Längs- und Querschnitt gleich gestaltet, ohne die Verästelungen, welche denselben bei *Picea* und *Larix* ein so sonderbares Aussehen geben. Sie bedingen eine wesentliche Verschiedenheit im Bau des Bastes den beiden anderen Coniferen gegenüber. In der Nähe der abfallenden Borke finden wir regelmässige concentrische Bänder von grossen tafelförmigen, in der Richtung der Peripherie bedeutend, in der Richtung des Radius nur wenig vergrösserte Zellen. Sie wachsen noch und verdicken ihre Wände, doch nie annähernd so stark wie die Dickzellen bei den beiden anderen Hölzern. Auch die Markstrahlen verändern sich zwischen diesen Zellen in derselben Weise (bei *Picea* und *Larix* bleiben sie unverdickt); es bilden sich so drei bis sechs Zellen starke ununterbrochene Bänder um den jungen Bast. Die zwischen den verschiedenen Bändern liegenden Bastzellen vergrössern sich durch Dehnung ihrer Wände, nur zuweilen behalten einzelne Gruppen ihre ursprüngliche Gestalt. Die nach aussen liegenden Dickzellenbänder sterben ab, verlieren ihre Feuchtigkeit und ziehen sich infolgedessen zusammen. Es tritt daher ein Zerspringen der Rinde an den Stellen ein, an welchen die Dickzellenbänder durch die zartwandigen Zellen unterbrochen werden. Atmosphärische Einflüsse bewirken dann das vollständige Loslösen dieser schuppenförmigen Borkenstücke.*)

*) Abbildungen konnten wegen zu grosser Kosten leider nicht beigegeben werden.

