

Die Tracheidensäume
der
Blattbündel der Coniferen

mit vergleichendem Ausblicke auf die übrigen Gefäßpflanzen,

besonders die

Cycadeen und Gnetaceen.

Von

Max Scheit.

Mit Tafel XXVIII.

Einleitung.

Schon vielfach sind die Tracheidensäume der Blattbündel der Coniferen bearbeitet worden, zuletzt in einer Specialabhandlung von A. Zimmermann¹⁾, welche eine Wiederholung der darüber erschienenen Arbeiten an dieser Stelle entbehrlich macht.

Genannter Autor behält den von H. v. Mohl²⁾ diesen Säumen gegebenen Namen „Transfusionsgewebe“ zwar bei, trennt aber das von Thomas³⁾ benannte „Querparenchym“ davon, ohne dasselbe jedoch genauer zu beschreiben als letzterer.

Was die Modificationen bezüglich der Lage der Tracheidensäume, wie in Folgendem nach dem Vorgange von de Bary⁴⁾ das „Transfusionsgewebe“ genannt werden soll, anbelangt, so hat sie dieser schon genauer beschrieben, indem er zugleich jenem Gewebe seinen richtigen Platz unter den Bündelenden anwies. (Vgl. de Bary⁴⁾ § 112).

Die Annahme Zimmermanns, dass wir es bei den hoftüpfelartigen Verdickungen der „Transfusionszellen“ nicht mit normalbehöfteten Poren zu thun hätten, sowie seine Ansicht über die Entstehung der letzteren vermag ich auf Grund der in einem der folgenden Capitel mitgetheilten Untersuchungen nicht zu theilen.

Zeigt auch das „Transfusionsgewebe“ (im Sinne Zimmermanns)

in mancher Hinsicht eigenthümliches Verhalten, so ist sein Vorkommen doch nicht auf die Blätter der Coniferen allein beschränkt.

In die Besprechung dieses Gewebes ist nicht nur Welwitschia, wie es de Bary⁴⁾ thut, hereinzuziehen, sondern es müssen dabei ebenso die übrigen Gymnospermen, sowie auch die Angiospermen und Farne berücksichtigt werden, denn es finden sich alle möglichen Uebergänge von den Tracheidensäumen des einfachen, unverzweigten Coniferenblattbündels zu denen der letzten Bündelausläufer in den Blättern der übrigen Gefäßpflanzen.

Die soeben aufgestellte Behauptung durch Beispiele zu unterstützen, ist die Hauptaufgabe dieser Abhandlung; die Funktion der Tracheidensäume näher zu erörtern, soll einer besonderen Arbeit vorbehalten bleiben.

In Folgendem sollen eigene, von früheren Angaben abweichende Beobachtungen mitgetheilt, scheinbar sich widersprechende Mittheilungen ausgeglichen, und das Gefundene unter allgemeine Gesichtspunkte gebracht werden.

Die Arbeit wurde unter der gütigen Leitung des Herrn Professor Stahl im botanischen Institute zu Jena ausgeführt; es ist mir eine angenehme Pflicht, meinem hochverehrten Lehrer an dieser Stelle für anregende Mittheilungen und das der Arbeit gewidmete Interesse meinen wärmsten Dank auszusprechen.

I. Allgemeine Betrachtung.

1. Kurze allgemeine Charakteristik der ausgebildeten Tracheiden und ihrer Anordnung. Inhalt.

Auf dem Querschnitte irgend eines ausgebildeten Coniferenblattes fallen an den beiden Flanken des Gefäßtheiles Gruppen oder Säume eigenthümlich verdickter, kurzer Elemente auf, bald als gerade Flügel in das umgebende Parenchym ragend, bald den Gefäßtheil, bald den Siebtheil oder beide zugleich umfassend. Stets befinden sich die Saumelemente sowohl unter sich als auch mit den angrenzenden Geweben in lückenlosem Zusammenhange. Die Säume selbst bilden eine Fortsetzung des Gefäßtheiles (vergl. de Bary Fig. 183—185) und sind wie dieser verholzt, ihre Bestandtheile stehen auf dem Längsschnitte in Reihen über einander und nehmen nach dem Gefäßtheile, sowie nach der Blattbasis hin an Länge zu, an Breite bedeutend ab, zuletzt vollständig in die Tracheiden des Gefäßtheiles übergehend. Wie letztere sind auch sie im lebenden Baume mit Wasser gefüllt, so lange solches aus

dem Stammreservoir und weiterhin aus dem Boden nachströmt, wenn durch die Transpiration ein Wasserverlust eintritt. Selbst wenn diese ihr Maximum erreicht, sind unter den eben genannten Bedingungen die Saumelemente mit Wasser gefüllt wie folgender Versuch zeigen soll.

Nadeln von *Pinus Pumilio* wurden Ende Mai Nachmittags zwei Uhr im Freien bei brennender Sonnenhitze und heiterem Himmel, nachdem vorher einige Wochen trockene Witterung geherrscht hatte, unter Terpentinöl abgeschnitten. Die Herstellung von mässig feinen Quer- und Längsschnitten, sowie die mikroskopische Beobachtung wurde so eingerichtet, dass beständig Terpentinöl die Untersuchungsobjekte völlig einhüllte und jeglichen Lufteintritt verhinderte. Eine Luftblase war bei dieser Behandlung weder in den Säumen, noch im Gefässtheile zu bemerken, nur winzige Oeltröpfchen zeigten in einigen der Saumbestandtheile zitternde Bewegung an der Oberfläche des das Lumen der letzteren ausfüllenden Wassers.

Ferner wurden Nadeln einen halben Tag abgeschnitten frei liegen gelassen und dann erst in Terpentinöl gelegt, im Uebrigen, wie vorher beschrieben, behandelt. Auch jetzt waren keine Luftblasen zu entdecken, sondern das beim Schneiden gebrauchte Oel erfüllte vollständig die Lumina.

Werden die erwähnten Vorsichtsmassregeln nicht beobachtet, dann tritt alsbald Luft in die angeschnittenen Saumtheile, wovon man sich leicht überzeugen kann, wenn man einen Querschnitt durch eine Pinusnadel, die einem unter einer Glasglocke feuchtgehaltenen Bäumchen entnommen wurde, ohne Deckglas unter dem Mikroskope beobachtet.

Die oben mitgetheilten Beobachtungen führen zu dem Schlusse, dass der Gefässtheil mit seinen Säumen im lebenthätigen Blatte Wasser oder Wasserdampf, nicht aber Luft enthält.

2. Nachweis der Geschlossenheit der Tracheiden.

Verdickungsform und Inhalt der Saumelemente berechtigen noch nicht zum Gebrauche der Bezeichnung „Tracheiden“ für dieselben, es muss zuvor ihre Geschlossenheit nachgewiesen werden.

Betrachten wir zunächst die netzfaserig verdickten Elemente, z. B. der Säume von *Taxus baccata*. Die mikroskopische Untersuchung mit Chlorzinkjod behandelte Schnitte lehrt, dass die unverdickt gebliebenen Stellen nicht durchbrochen sind.

Schwieriger ist auf diese Art die Geschlossenheit der Hof-tüpfel nachzuweisen.

Um möglichst feine, gleichmässige Schnitte zu bekommen, wurden Pinus-Nadeln, von denen die derbwandige Epidermis und Hypodermis entfernt worden waren, in Gummi-Glycerin auf Hollundermarkscheibchen befestigt, mit absolutem Alkohol gehärtet, und dann mittelst eines scharfen Messers Querschnitte hergestellt; auf diese Weise bekommt man solche von grösster Feinheit. Um sie deutlicher zu machen, färbt man mit Phloroglucin-Lösung und Salzsäure roth. Betrachtet man nun bei starker Vergrösserung einen Tüpfel, der in der Mitte vom Schnitte getroffen wurde, so bemerkt man die Schliessmembran als äusserst dünnes, nur in der Mitte stärkeres Häutchen, welches den Tüpfelraum mittendurchsetzt, wie es Fig. 19 darstellt. Unter Benutzung des Abbe'schen Beleuchtungsapparates gelingt es, überall, wo der Tüpfel glatt in der Mitte durchschnitten wurde, die Schliessmembran aufzufinden, andere Tüpfel geben oft zu Täuschungen Anlass.

Die Ergebnisse der mikroskopischen Untersuchung fanden auf folgende Weise ihre experimentelle Bestätigung.

Kiefernadeln, sowie Blätter von *Cunninghamia sinensis* wurden an beiden Enden abgeschnitten und sogleich in das kurze Ende einer Uförmigen Röhre möglichst dicht eingekittet. Hierauf wurde Wasser mit fein vertheiltem Zinnober in die Röhre gegossen, so dass die Versuchsobjekte mit ihren Schnittflächen in die Mischung eintauchten. Erfolgte dann ein mässiger Hg-Druck auf die Flüssigkeit, so trat diese alsbald klar an den Gefässtheilen und Säumen der oberen Schnittflächen aus. Mikroskopisch liess sich nachher feststellen, dass die Zinnobertheilchen nur so weit in die Tracheiden des Gefässtheiles und in die Saumelemente eingedrungen waren, als dieselben durch den Schnitt geöffnet wurden; die Tüpfelräume der injicirten Elemente waren mit Farbstoff ausgefüllt.

Die Saumelemente machen also keine Ausnahme von den Tracheiden des Holzes in Bezug auf die Geschlossenheit der Hof-tüpfel; ihre Verdickungsform, ihr Inhalt und ihre Geschlossenheit charakterisiren sie als echte Tracheiden, der Umstand aber, dass sie zu Säumen vereint das Bündel begleiten, um es an seinem an Masse zurücktretenden Ende als Haube kurzer, mehr oder weniger isodiametrischer Elemente zu bedecken, verleiht ihnen ein eigenthümliches Gepräge.

II. Specielle Betrachtung.

Es liegt nicht in meiner Absicht, eine Zusammenstellung aller Verdickungsformen zu geben, wie sie an den Saumtracheiden der bisher untersuchten Coniferenblätter auftreten, vielmehr beschränke ich mich auf die Klarlegung sich widersprechender Angaben, die ohne Rücksichtnahme auf das jeweilige Entwicklungsstadium, in welchem sich gerade das Untersuchungsobjekt befand, gemacht wurden. In den folgenden Betrachtungen ist daher nur das völlig ausgebildete Blatt berücksichtigt worden, die Modificationen in Bezug auf Verdickungsform und Anordnung der Tracheiden zu Säumen, sollen später behandelt werden.

A. Coniferen.

1. Abietineen.

Abweichend von den nur mit typischen Hoftüpfeln versehenen Saumtracheiden der übrigen Abietineen verhalten sich die von *Larix americana* und *Larix europaea* (Fig. 4).

Bertrand⁵⁾, auf dessen zahlreiche Abbildungen an dieser Stelle hingewiesen sei, giebt für *Larix* an, dass die Zellen des „tissu aréolé“, wie er die mit Hoftüpfeln versehenen Saumtracheiden nennt, sclericirt und in „fibres pseudolibériennes“ umgewandelt seien; er scheint also die Bastfasern für umgewandelte Tracheiden zu halten, ohne jedoch einen Grund dafür zu haben. Seine Abbildung des Blattquerschnittes von *Larix* zeigt Hoftüpfel an den Tracheiden.

De Bary⁴⁾ sagt, dass der Tracheidensaum bei *Larix europaea* fehle oder höchst schwach entwickelt sei.

Zimmermann¹⁾ nimmt genannte Pflanze von den Pineen betreffs der Verdickungsform aus, ohne jedoch etwas Näheres darüber anzugeben.

Fassen wir zunächst *Larix europaea* in's Auge.

Von den Flanken des Gefässtheiles erstrecken sich ein Stück um den Siebtheil zwei Gruppen von je 3—4 grosslumigen, netzfaserig verdickten Saumtracheiden. Zwischen den Netzfäsern sind zuweilen Hoftüpfel zu bemerken, sowie an macerirtem Material alle möglichen Uebergänge zwischen beiden Verdickungsformen.

Bei *Larix americana* walten spaltenförmige Tüpfel vor, so dass die Membran netzartig verdickt erscheint.

Betreffs der übrigen Abietineen ist noch zu erwähnen, dass auch die umgewandelten Laubblätter Hoftüpfel an den Saumtracheiden besitzen. So verhielt sich ein breites, grünes Knospenblatt von *Abies excelsa* in Bezug auf die Säume ganz wie die gewöhnliche Nadel. *Picea alba* Lk. zeigte auf einem Querschnitte durch die junge Zapfenschuppe 12—15 Bündel, die an den Flanken des Gefässtheiles mit den für das gewöhnliche Blatt charakteristischen Säumen versehen waren.

2. Araucarien.

Während die Saumtracheiden der Abietineen relativ schwach verdickte, grosse Hoftüpfel besitzen, sind letztere bei den Araucarien stark verdickt, klein und zahlreich. Am deutlichsten treten die Hoftüpfel noch bei *Cunninghamia sinensis* vgl. de Bary⁴⁾ (Fig. 183) auf, während sie bei *Araucaria* und *Dammara* oft so dicht beisammenstehen, dass die Membran siebporig, oder, wenn die Hoftüpfel spaltenförmig in die Länge gezogen sind, netzfaserig verdickt erscheint. Sämmtliche Bündelenden werden bei den beiden letztgenannten Pflanzen von einer gemeinsamen Tracheidenhaube überdeckt.

Auch in dieser Familie sind die Zapfenblätter wie die Laubblätter mit Tracheidensäumen ausgestattet.

3. Taxodien.

Im Vergleich zu den beiden vorigen Familien sind bei den Taxodien die Tracheidensäume mässig entwickelt, am stärksten sind sie bei *Wellingtonia gigantea*, am schwächsten bei *Taxodium distichum* ausgebildet.

Die Saumtracheiden besitzen kleine Hoftüpfel, zwischen denen feine Netzfaserverdickung auftritt, so dass die ausgebildeten Tracheiden eher netzfaserig verdickt zu nennen sind; besonders gilt dies für *Taxodium*, weniger für *Wellingtonia*.

4. Cupressineen.

Die Familie der Cupressineen zeichnet sich durch gut entwickelte Säume aus, deren kleine Tracheiden sehr stark und eigenthümlich verdickt sind¹⁾, derart, dass sich von einfachen Hoftüpfeln

¹⁾ Aehnliche Verdickungen beschreibt Dr. Paul Schulz in einer nach Fertigstellung dieser Abhandlung erschienenen Arbeit „Das Markstrahlgewebe etc.“ an den „Hofporenzellen“, welche mit den normalen Markstrahlzellen zusammen bei den Abietineen auftreten und nach gen. Autor als Wasserbehälter anzusehen sind.

bis zu solchen mit zapfen- und wurzelförmigen Fortsätzen alle möglichen Uebergänge finden.

Einfache Hoftüpfel fand ich bei *Chamaecyparis pisifera* (Fig. 10), *Thuja Menziesii* und *occidentalis*, ferner bei *Thujopsis dolabrata*, *Cupressus thujoides*. Da auf dem Querschnitte die Tracheidenmembranen meist schiefgestellt sind, so bekommt man gewöhnlich die Tüpfel von der Seite zu sehen und sehr häufig sieht man daher die sich gegenüberliegenden Pori nebeneinander liegen, zumal da die Tüpfelwandungen sehr durchsichtig sind.

Die eben beschriebene Erscheinung bietet *Libocedrus decurrens*. Hier treten bereits die ersten Anfänge zu zapfenartigen Fortsätzen auf (Fig. 11), deren Ausbildung nach folgender Reihe fortschreitet: *Cupressus sempervirens* und *funbris*, *Biota orientalis* und *tatarica*, *Juniperus sabina* und *squamata*. Die vier zapfenartigen Fortsätze der Tüpfelwandung (selten mehr oder weniger) gleichen den Wurzeln eines Backenzahnes und ragen in das Lumen der Tracheide (Fig. 14).

Bei *Juniperus virginiana* und noch mehr bei *communis* (Fig. 15) und *drupacea* werden die Fortsätze schlanker und krümmen sich mehrfach, bei *J. drupacea* sich sogar wurzelförmig verzweigend (Fig. 16). Nie fand ich bei *Juniperus sabina* Verzweigung der Balken, wie sie Lazarski⁶⁾ angiebt; netzartige Verdickung zwischen den Hoftüpfeln, wie sie nach Berthold⁷⁾ bei den *Thuja*-Arten vorkommt, sah ich nur bei *Thuja occidentalis* bei Anwendung starker Vergrößerung, ebenso bei *Biota orientalis*. Stets, und nicht zuweilen (Lazarski⁶⁾) sind die behöfteten Tüpfel, resp. deren Wandungen die Ansatzstellen für die Zapfen¹⁾; *Juniperus communis* und *drupacea* machen nur scheinbar eine Ausnahme, indem die Zapfen sich an die Tracheidenwandung anlegen und in dieser auslaufen, wie besonders häufig bei *Juniperus drupacea* zu sehen ist.

Interessant ist das Verhalten, welches die breitblättrigen Cupressineen in Bezug auf den Verlauf der Säume zeigen.

De Bary⁴⁾ und weiter Zimmermann¹⁾ reden von einer Verbreiterung der Säume in den flachen Blättern, derart, dass sich das betreffende Gewebe der beiden gegenüberliegenden Blätter an der Basis vereinigt, um sich an der Spitze wieder zu trennen und allmählich an Mächtigkeit abzunehmen.

¹⁾ Auch die zackigen Fortsätze der „Hofporenzellen“ sind nach Schulz besonders an den Porenhöfen entwickelt.

Zur Bildung einer möglichst klaren Vorstellung über den Verlauf und die Beschaffenheit der Säume wurden die von Schnittserien, sowie die an durch kochende Kalilauge aufgehellten Zweiglein von *Thuja Menziesii* gewonnenen Bilder zu einem Schema combinirt (Fig. 9), wie es sich im Wesentlichen für die Cupressineen mit schuppenförmigen Blättern aufstellen lässt. Von dem median verlaufenden Bündelsystem gehen in einem Winkel von nahezu 45° in die beiden Randblätter je ein Seitenbündel (*a*) ab, parallel der inneren Blattkante verlaufend, von der Abzweigungsstelle an mit Tracheidensäumen an den Flanken des Gefässtheiles versehen. Diese Säume sind nach innen gebogen (I—IV) und verdrängen an der Blattspitze das Bündel an Masse. Ungefähr im zweiten Drittel der Blattlänge, kurz unter der Ansatzstelle des flachen Mittelblattes (*b*) biegt von jedem Bündelsaume eine Tracheidenmasse ab, schmal beginnend, um dann kurz nach dem Gefässtheile des Mittelblattbündels herüberzubiegen: An letzterem verlaufen die Tracheiden nur eine kurze Strecke abwärts als Saum, bedecken aber sein Ende als breite, massig entwickelte, kurz zugespitzte Haube.

Die Säume der Rand- und Mittelblattbündel stehen also durch Tracheidenanastomosen in Verbindung. Letztere bilden einen Gürtel, der nur auf dem Blattquerschnitte durch den Gefässtheil der Bündel unterbrochen wird (Fig. 9, II), in der That aber geschlossen ist. Innerhalb dieses Gürtels steigen die Säume der nächst höher liegenden Randblätter mit dem zugehörigen Bündel herab, etwa bis dahin, wo auch die Bündel der Mittelblätter die centrale Bündelmasse erreichen.

Unter den bisher untersuchten Coniferen stehen die Cupressineen mit flachen Blättern somit einzig da in Bezug auf die Tracheidenanastomosen.

5. Taxineen.

In dieser Familie kommt die Netzfaserverdickung besonders zur Entwicklung, während Hoftüpfel an den Saumtracheiden fast ganz zurücktreten.

Einer näheren Betrachtung ist zunächst *Gingko biloba* zu unterziehen.

Bertrand⁵⁾ beschreibt eine um die Gefässbündel des Blattstieles gehende gemeinsame Scheide von Netzfaserzellen, ferner giebt er eine solche für die einzelnen Bündel der Spreite an.

Ihrem Aussehen nach könnte man die Bestandtheile dieser Scheide für Saumtracheiden halten, wir haben es jedoch mit mo-

dificirten Parenchymzellen zu thun. Die Schutzscheide selbst ist nur auf den biegsamen Stiel beschränkt, zwischen die beiden Bündel desselben einbiegend; besonders auf der Phloemseite des Bündels (Blattunterseite) ist sie stark verdickt und gegen conc. Schwefelsäure resistent. In die stark verdickte Membran sind zahlreiche kleine, einfache, runde oder kurze enge Spaltentüpfel eingestreut (Fig. 1). Auf dem Querschnitte erscheinen die Scheidenzellen allerdings schwach netzfaserig verdickt (Fig. 6), doch zeigen die Saumtracheiden ein ganz anderes Aussehen, indem ihre Membranverdickung ein sehr grossmaschiges Netz bildet (Fig. 5), ausserdem führen die Scheidenzellen grosse Drusen oxalsauren Kalkes. Diese Gebilde haben also nichts mit den Saumtracheiden zu thun. Letztere treten bereits im Blattkissen auf, sind aber hier noch englumig und langgestreckt. In der Spreite selbst ist die Schutzscheide um die Bündel verschwunden, dagegen treten schon in der Mitte der ersteren die Saumtracheiden in solcher Menge auf, dass sie den Hauptbestandtheil des Bündels ausmachen, beide Theile desselben scheidenartig umschliessend, daher die Verwechslung Bertrands⁵⁾ mit der eigentlichen Scheide. Am Ende wird jedes Bündel von einer stark entwickelten Haube grosslumiger, mehr oder weniger isodiametrischer Tracheiden bedeckt. Die einzelnen Hauben bleiben getrennt.

Ganz ähnlich wie das Ginkgo-Blatt verhalten sich die Cladodien von *Phyllocladus trichomanoides* und *rhomboidalis*.

Schon vor der Gabelung setzen sich an das primäre Bündel einzelne schmale, längere Tracheiden, die schliesslich die secundären Zweige als massig ausgebildete Haube bedecken. Lassen die Saumtracheiden an der Basis des Cladodiums zwischen den Netzfäsern noch Hoftüpfel erkennen, so rücken die Verdickungsbänder nach der Spitze hin so eng zusammen, dass die Tracheiden hier rein netzfaserig verdickt erscheinen.

Die stärkste Ausbildung der Tracheidensäume zeigen wohl die *Podocarpus*-Arten. Da bei einigen ein besonderes Querparenchym auftritt, welches zu Verwechslung Anlass gegeben hat, so erscheint es nothwendig, auf diesen Umstand Rücksicht zu nehmen.

Was zunächst die Saumtracheiden selbst anbelangt, so sind dieselben nach der Blattbasis zu weniger dicht netzfaserig verdickt als an der Spitze, so dass die unverdickten Stellen mehr oder weniger rund bis hoftüpfelartig erscheinen; dabei gehen die starken Ueberwallungen nur wenig über den grossen Hof.

Bei *Podocarpus Makii*, *Korajana* und *ferruginea* sind die Saumtracheiden kleiner und enger netzfaserig verdickt als bei dem ausserdem untersuchten *P. spinulosus*.

Auf keinen Fall sind die Tracheidensäume mit dem Querparenchym unter einem Namen zu vereinen, wie es H. v. Mohl²⁾) that, sondern, wie Zimmermann¹⁾) verlangt, streng davon zu trennen.

Das Querparenchym kommt nur in den breitblättrigen *Podocarpus*-Arten zur Ausbildung. Es geht aus ungestrecktem, chlorophyllhaltigem Grundgewebe hervor, indem dieses sich senkrecht zum Blattnerve streckt und grosse Intercellularräume bildet. Von aussen nach innen verschwindet bei einigen *Podocarpus*-Arten der protoplasmatische Inhalt sammt Chlorophyll bis auf kaum merkbare Reste, so dass die beiden innersten Zellreihen farblos und, da sie ausserdem verdickt sind, bastfaserähnlich erscheinen. Da wo zwei solche Elemente sich berühren, befinden sich grosse, schiefgestellte, einfache, nicht behöftete Tüpfel, wie Zimmermann¹⁾) angiebt; sie sind mit Flüssigkeit, nicht mit Luft erfüllt und sind daher nicht vom Zuleitungsgewebe zu trennen, wie es Haberlandt⁸⁾) auf Grund der Zimmermann'schen Angaben thut.

Eine grössere Streckung und Differenzirung des Grundgewebes unterbleibt bei den weniger breitblättrigen *Podocarpus*-Arten, z. B. bei *P. Makii*; bei *P. Korajana* ist zwar ein Querparenchym vorhanden, das ganz dem farblosen von *P. spinulosus* gleicht, doch lässt sich in ihm protoplasmatischer Inhalt mit Zellkern und geringen Mengen Chlorophyll nachweisen, ebenso wie im Querparenchym der Cycadeen.

Die angeführten Thatsachen, sowie besonders der Umstand, dass das Querparenchym ein Gewebe von lockerem Zusammenhange mit grossen Intercellularräumen repräsentirt, weisen darauf hin, dass es nicht mit den Tracheidensäumen dieselbe physiologische Thätigkeit gemeinsam haben kann, zumal da es von letzteren, wie schon Thomas³⁾) bemerkt, durch eine Schicht gewöhnlichen Parenchyms getrennt ist.

B. Cycadeen.

Ein Hauptgrund dafür, dass man bisher die Tracheidensäume bei den Cycadeen übersehen hat, liegt wohl darin, dass sie eines-theils aus sehr kleinen und wenig zahlreichen Elementen bestehen, wie bei den Zamien, andernteils, wo sie zwar zahlreich und gross sind, in ihrer Verdickungsform mit den angrenzenden, das Bündel umgebenden Parenchymzellen grosse Aehnlichkeit besitzen.

Auf einem Querschnitte durch die Mitte des Blattes von *Cycas revoluta* (vgl. den Stielquerschnitt Fig. 158 bei de Bary⁴⁾) sehen wir das ganze Bündel von einem 3—4 Zelllagen dicken Kranze inhaltsarmer, netzfaserig verdickter Zellen („markähnl. Gewebe“ bei Kraus⁹⁾) umgeben (Fig. 7), dessen innerste Schicht auf der dem Bündel angrenzenden Seite besonders stark verdickt ist, jedoch nur auf dem Bogenstück, welches dem Siebtheile entspricht. Nach der Blattspitze zu tritt die Membranverdickung auch hier zurück. Die eben beschriebene Zellschicht entspricht der bei de Bary⁴⁾ in Fig. 158 mit *c* bezeichneten sklerotischen Scheide. Vom Gefässtheile her geht beiderseits ein Flügel oder Saum von Tracheiden in den beschriebenen Parenchymkranz, parallel der Blattoberfläche. Die Saumtracheiden lassen mehrfach contourirte Hof-tüpfel mit grossem Porus erkennen (Fig. 8).

Nach Behandlung mit concentrirter Schwefelsäure treten die Säume deutlicher aus dem aufquellenden, sich wenig bräunenden Parenchym hervor, indem sie gleiches Verhalten gegen das Reagens zeigen wie der Gefässtheil, mit dem sie zusammenhängen. Nach der Blattspitze zu nimmt allmählich die Verdickung der Parenchymzellen ab, die Säume werden deutlicher, zuletzt bedecken sie das zurücktretende Bündel vollständig.

Leicht und ohne Weiteres sind die Säume wegen geringer Verdickung der angrenzenden Parenchymzellen bei *Cycas circinalis* wahrzunehmen. Auf dem Querschnitte erhalten wir ein Bild, welches dem von *Podocarpus spinulosus* ähnlich ist, indem auch hier schmale Hof-tüpfel auftreten.

Dioon edule, *Zamia glauca*, *spinulosa*, *integrifolia* und *Denisoni* zeigen nur wenige Saumtracheiden von geringer Grösse, mit Netzfaserverdickung.

Von *Stangeria* giebt Kraus⁹⁾ an, dass die letzten Endigungen der Bündel im Blattrande kurze, stumpfe Spiralfaserzellen seien.

In Bezug auf die Anordnung der Säume, die kurzen eigenthümlich verdickten Elemente derselben und deren Inhalt sowie sonstiges Verhalten stimmen die Cycadeen vollständig mit den Coniferen überein.

C. Gnetaceen.

Wie die Cycadeen, so entbehren auch die Gnetaceen die Tracheidensäume nicht, wie schon de Bary⁴⁾ erkannt hat, welcher jedoch nur *Welwitschia* in die Betrachtung des genannten Gewebes hereinzieht (vgl. S. 398 und Fig. 145).

Gehen wir daher etwas näher auf diese Ordnung ein.

Am einfachsten in Bezug auf die Anordnung der Säume verhält sich *Ephedra altissima*. Zwei getrennläufige Bündel durchsetzen das rudimentäre Blatt. Während Gefäss- und Siebtheil kaum angedeutet sind, treten an den Flanken des ersteren mehrere grosslumige Netzfasertracheiden auf. Werden nach der Blattbasis hin letztere länger und schmaler, um endlich zu verschwinden, resp. in den Gefässtheil überzugehen, so treten nach der Spitze hin nur noch grosse, ziemlich isodiametrische Tracheiden auf, als Haube beide Bündelenden gemeinsam bedeckend. Wir haben also hier in Bezug auf Bündelverlauf und Verhalten der Säume eine auffallende Aehnlichkeit mit den Coniferen kennen gelernt.

Die äusserlich den eben beschriebenen Blättern von *Ephedra* ähnlichen Brakteen, von *Gnetum Gneumon* verhalten sich mit Rücksicht auf die Beschaffenheit der Saumtracheiden wesentlich gleich. Es sind jedoch 5—6 Bündel vorhanden, deren Säume anastomosiren, nach der Spitze hin aber ebenfalls zu einer gemeinsamen Haube verschmelzen. Ab und zu treten zwischen den Netzfaserverdickungen Hoftüpfel auf.

Von hohem Interesse als Uebergangsform ist für uns das Laubblatt von *Gnetum Gneumon*, welches bekanntlich ganz dicotyle Nervatur besitzt. Besonders deutlich lässt sich dieselbe erkennen, wenn man das Blatt mit Kalilauge aufhellt und darauf die gelockerte Epidermis abnimmt. Ein Hauptnerv verläuft vom kurzen Stiele nach der Spitze, abwechselnd zu beiden Seiten Bündel in die Lamina abgebend, bis endlich an der Spitze nur noch ein medianes Bündel allein übrig ist. Die einzelnen Bündel anastomosiren vielfach untereinander. Schon an ihrer Abzweigungsstelle

werden sie von kurzen Tracheiden begleitet, ihre letzten Verzweigungen und Ausläufer werden nur von solchen gebildet, immer ist die Endtracheide als blindes Ende im Parenchym keulig angeschwollen, man erhält ähnliche Bilder wie Fig. 172 und 173 bei de Bary⁴). Die Verdickungsform ist dieselbe als an den Brakteen-Saumtracheiden. —

Auch bei den Gnetaceen stossen die Saumtracheiden lückenlos aneinander und werden bis zu den freien Endigungen dicht vom Grundgewebe umhüllt; mikrochemisches Verhalten, Inhalt und Verdickungsart stimmen im Wesentlichen bei den drei Gymnospermen-Ordnungen überein, nur *Gnetum Gneumon* verhält sich abweichend, indem hier zum ersten Male freie Tracheidenreihen auftreten als blinde Enden, ein Verhalten, wie es bei den Dicotyledonen sehr häufig ist.

Dies ist jedoch nicht der einzige Fall, durch welchen die Gymnospermen und besonders die Coniferen in Bezug auf Bündelverlauf mit den übrigen Gefässpflanzen verbünden sind.

Vergleicht man z. B. das Blatt von einem *Adiantum* mit dem von *Gingko*, oder einem *Cladodium* von *Phyllocladus*, so fällt die grosse Aehnlichkeit im Bündelverlauf und der Anordnung der Tracheidensäume auf.

Marsilia, welche äusserlich ähnliche Nervatur wie *Adiantum* zeigt (de Bary⁴) S. 313), lässt sich jedoch nicht mit *Gingko* vergleichen, da in grossen Abständen Quëranastomosen auftreten, ausserdem verschmelzen hier sämtliche Bündelenden zu einem randläufigen Saume kurzer Tracheiden.

Wie sich von den Gnetaceen *Ephedra altissima* nach ihrem Bündelverlaufe und der Anordnung der Säume ungezwungen den Coniferen mit einfachem, spitzenläufigem Bündel, oder noch besser den mit mehreren getrenntläufigen, an den Enden von gemeinsamer Tracheidenhaube bedeckten Bündeln vergleichen lässt, so von den Dicotyledonen, z. B. *Casuarina equisetifolium* (Fig. 2).

Habituell *Ephedra* ähnlich zeigt das Rudimentärblatt der genannten Pflanze auf dem Querschnitte nur ein medianes Bündel. Auf den Flanken des Gefässtheiles ist je eine Gruppe grosslumiger Tracheiden angebracht (s), die in ihrer Verdickungsform sehr an die von *Araucaria* erinnern. Kurz nach der Auflösung der den Stengel umgebenden Scheide in die einzelnen Blattzähne treten in letzteren nur die erwähnten Tracheiden an Stelle des Bündels auf.

Nach dieser vergleichenden Betrachtung sind wir

nicht mehr berechtigt, die Tracheidensäume oder das sog. „Transfusionsgewebe“ als ein den Coniferen eigenthümliches zu betrachten, denn die feineren Verzweigungen, durch deren Mangel sich die Coniferen bisher von den übrigen Gefässpflanzen unterschieden, fehlen auch den untersuchten Cycadeen sowie *Ephedra altissima* und *Casuarina*, kommen aber auch, wie wir gesehen, bei den breitblättrigen Cupressineen vor sowie bei *Gnetum Gnemon*, hier ausserdem freie Endigungen.

Alle diese Uebergänge und Analogieen weisen darauf hin, dass Tracheidensäume, -Hauben, -Reihen und -Anastomosen als physiologisch gleichwerthige Elemente zu betrachten sind.

III. Entwicklungsgeschichtliches.

Die Tracheidensäume entstehen im Coniferenblatte, nachdem dieses fast seine definitive Grösse erreicht hat. Sie nehmen ihren Ursprung aus besonders grosszelligen, protoplasmareichen Meristemgruppen an den Bündelflanken, die beide durch einen schmalen, kleinzelligeren, zwischen Bast- und Holztheile gelegenen Meristemstreifen verbunden sind.

Bei den Pineen und bei *Abies excelsa*, wo im ausgebildeten Blatte rings um die Bündel Saumtracheiden liegen, scheinen zwar letztere aus allen innerhalb der Scheide liegenden farblosen Parenchymzellen hervorgehen zu können. *Pinus Pinaster* z. B. zeigte Mitte Mai im neuen Blatte an Stelle der später fast den ganzen farblosen Theil einnehmenden Tracheiden nur stärkereiches Parenchym. Einjährige Pflänzchen von *Abies excelsa* jedoch, bei denen an den Flanken des Gefässtheiles nur 1—2 Tracheiden auftreten, lassen ebenfalls den Ursprung der letzteren aus solchen Meristemgruppen erkennen.

Da die Entwicklung der Saumtracheiden erst nach der Streckung des Blattes beginnt, so bleiben dieselben kurz, die am frühesten gebildeten, also die unmittelbar an den Gefässstheil stossenden, werden jedoch noch etwas von der Streckung des letzteren beeinflusst; die Ausbildung der Säume geht in basipetaler Reihenfolge vor sich.

Wo auch immer im ausgebildeten Zustande die Säume den Sieb- oder den Gefässstheil, oder beide

zugleich umschliessen, nehmen sie ihren Ursprung vom Gefässtheile her, indem sie vollständig in diesen übergehen, wie schon Frank¹⁰⁾ für *Taxus* nachwies.

Was nun die Entstehung der Hoftüpfel- und Netzfaserverdickung der Saumtracheiden anbelangt, so ist zunächst darauf hinzuweisen, dass sie eine sehr kurze Zeit beansprucht und bei der geringen Grösse der fraglichen Objekte nur schwer zu beobachten ist. Als Beispiel der Grössenunterschiede der Hoftüpfel im Holze des Stammes und der an den Saumtracheiden auftretenden sei hier nur *Pinus silvestris* erwähnt, deren beiderlei Tüpfelradien sich wie 5:2 verhielten.

Nach Aufhellung der Tracheidenmutterzellen mit Kali-Ammoniaklösung konnte ich an Querschnitten durch Nadeln von *Pinus silvestris*, *P. Pinaster* und *Juniperus communis* (Fig. 17) Entwicklungsstadien beobachten, die ganz denen in Sachs' Lehrb. d. Bot.¹¹⁾ Fig. 23 am *Pinus*-Holze glichen, aber vergebens suchte ich an diesem Material oder an *Cunninghamia sinensis* u. a. nach solchen Stadien, wie sie Zimmermanns Fig. 10, 11 u. 12 darstellen, wonach durch Auseinanderweichen der Membranen eine hofähnliche Spalte entstehen soll. Ausserdem ist es genanntem Autor wahrscheinlich, dass auch die Mittellamelle sich spaltet. Dieser Ansicht gemäss sind auch in Fig. 4, 7, 11 und 12 die Zugänge zu den Spalten geschlossen.

Nie fand ich einen beiderseitigen Verschluss, sondern, wenn die Tüpfel senkrecht zur Schliessmembran, die bereits in einem früheren Abschnitte nachgewiesen wurde, getroffen war, waren beide Zugänge offen, bei schiefer Lage des Tüpfels erschien ein Zugang durch die Schliessmembran geschlossen (Fig. 18). Es kann daher keinem Zweifel unterliegen, dass die Tüpfel der Pineen vor allem echte Hoftüpfel sind, die sich von denen des Holzes nur durch ihre geringere Grösse unterscheiden, hat doch schon Hartig¹²⁾ diesen Umstand erkannt, welcher die gehöften Poren „Trichterporen“ nennt.

Der weitere Grund Zimmermanns¹⁾, die Cupressineen seien wegen der zapfenartigen Fortsätze an den Wülsten nicht mit normalgehöften Poren versehen, ist hinfällig, da diese Fortsätze weder mit dem Hofe, noch mit dem Tüpfelraume etwas zu thun haben und secundäre Erzeugnisse sind.

Immer treten bei den Cupressineen erst einfache Hoftüpfel wie bei den Pineen auf (Fig. 18), später wachsen die Tüpfel-

wandungen zu Fortsätzen aus, und wie wir schon oben sahen, sind die wurzelförmig verzweigten Fortsätze bei *Juniperus drupacea* und die einfachen fortsatzlosen Hoftüpfel bei *Thuja occidentalis* durch alle möglichen Uebergänge verbunden (Fig. 10—16).

Lässt man auf die beschriebenen Fortsätze conc. Schwefelsäure einwirken, so schmelzen sie gleichsam schichtenweise ab, bis endlich ein einfacher Hoftüpfel übrig bleibt.

Wie die Zapfen, so entstehen auch die Netzfaserverdickungen erst secundär da, wo sie neben Hoftüpfeln auftreten. Das Erkennen der letzteren wird an den ausgebildeten Tracheiden durch die erwähnten secundären Verdickungsformen erschwert. Während man z. B. am jungen Blatte von *Taxodium sempervirens* meist Hoftüpfel bemerkt, glaubt man am ausgebildeten eher Netzfaserverdickung zu sehen. Dasselbe Verhalten zeigen *Larix*, *Sciadopitys*, *Dammara*, ferner die *Taxineen*. Schon an dem noch nicht völlig entwickelten Blatte dieser Pflanzen lassen sich die verschiedenen Uebergänge beider Verdickungsarten verfolgen, indem an der Basis noch die primären Formen zu beobachten sind, wenn bereits an der Spitze die Tracheiden ausgebildet sind.

Die anscheinend sich widersprechenden Angaben der verschiedenen Autoren in Bezug auf die Verdickungsform der Saumtracheiden finden in dem eben Mitgetheilten ihre Erklärung.

IV. Ueber die Factoren, welche die Verdickungsform der Saumtracheiden sowie die Entfaltung der Säume bedingen.

In den ersten Capiteln dieser Abhandlung haben wir die grosse Mannichfaltigkeit der Verdickungsformen der Saumtracheiden kennen gelernt, es fragt sich nun, von welchen Ursachen diese Verschiedenheit abhängt.

Dass die Verdickung der Tracheidenmembranen ein Schutzmittel gegen den Druck angrenzender turgescirender Zellen sei, wird allgemein anerkannt. Die Verschiedenheit der Verdickungsform muss nothwendiger Weise in der Verschiedenheit des Schutzbedürfnisses der Tracheiden begründet sein.

Unterwerfen wir daher von diesem Gesichtspunkte aus die

früher behandelten Pflanzenabtheilungen einer vergleichenden Betrachtung.

Die Abietineen, und besonders die *Pinus*arten, besitzen um das Bündel herum eine Schutzscheide. Diese ist schon vor den Saumtracheiden vorhanden, sie widersteht der Einwirkung concentrirter Schwefelsäure und erweist sich auf den Radial- und äusseren Tangentialwänden verholzt bis auf zahlreiche einfache Tüpfel (Fig. 3).

In diesem Falle übernimmt die Scheide den Druck des umgebenden Parenchyms, die innerhalb derselben gelegenen Saumtracheiden sind schwach verholzt und besitzen verhältnissmässig grosse, regelmässige Hoftüpfel.

Bei *Larix americana* und *europaea* ist die Scheide weniger scharf ausgeprägt als bei den Pineen; wie wir gesehen, bildeten diese Pflanzen eine Ausnahme in Bezug auf die den Abietineen eigenthümliche Verdickungsform, indem neben Hoftüpfeln noch schwache Netzfaserverdickung auftritt.

Die Taxodiceen besitzen nur eine einfache Scheide unverdickter, in der Richtung des Bündels gestreckter Parenchymzellen: An den Tracheiden treten neben kleinen Hoftüpfeln Netzfäsern auf, oder es sind zahlreiche, kleine, starkverdickte Hoftüpfel allein vorhanden, wie bei *Sequoia*.

Noch mehr verliert sich die Scheide bei den Araucariaceen und Cupressineen. Die Saumtracheiden zeichnen sich durch besonders starke Verdickungen aus, ihre Tüpfel sind klein und zahlreich, besonders bei den Araucariaceen, die Cupressineen weisen ausserdem an den stark verdickten Tüpfelwällen besondere Fortsätze auf, einige feine Netzfäsern.

Die Taxineen zeigen bei kaum angedeuteter Scheide vorwiegend Netzfaserverdickung der Saumtracheiden. Die Scheide ist nur noch auf dem Längsschnitte wahrzunehmen und setzt sich aus gewöhnlichem lückenlos zusammentretenden Chlorophyllgewebe zusammen.

Auch bei den von mir untersuchten Gnetaceen, Angiospermen und Farnen waren die Bündelenden von lückenlos verbundenem Grundgewebe umgeben.

Cycas revoluta endlich, deren Säume von starkverdicktem Grundgewebe umschlossen werden, zeigt vorwaltend stark verdickte, grosse Hoftüpfel, die bei *Cycas circinalis* (mit unverdicktem Grundgewebe) spaltenförmig werden.

Ueberall da, wo die Saumtracheiden durch ver-

dichte Scheiden vom Chlorophyllgewebe getrennt sind, finden sich einfache Hoftüpfel, da wo sie unmittelbar an solches grenzen, Netzfaserverdickungen.

Was die Massenentwicklung der Säume und Hauben selbst anbelangt, so richtet sich dieselbe nach der Transpirationsintensität einer Pflanze, wie sie bedingt wird durch örtliche Verhältnisse, denen sich die letztere angepasst hat.

Einige Beispiele aus der Ordnung der Coniferen mögen das Gesagte illustriren.

Verhältnissmässig schwach entwickelt sind die Säume bei den einen mässig feuchten, beschatteten Boden liebenden Fichten und besonders den Tannen, die einen tiefen Schatten ertragen. Die Kiefern jedoch, welche meist einen sonnigen Standort bewohnen und weniger dicht beisammen stehen, besitzen stark entwickelte Säume.

Dieselben Unterschiede treten schon innerhalb eines Genus auf, wenn man die verschiedenartigen Standorten angepassten Species desselben vergleichend in's Auge fasst.

So treten die Säume am schwächsten auf bei *Abies Pichta*, welche das aufgeschwemmte Uferland der sibirischen Ströme bewohnt, (Grisebach¹³), am stärksten bei der südlichen Tannenform, *Abies cephalonica*.

Grösser noch sind die Unterschiede innerhalb des Genus *Pinus*.

Unter allen untersuchten Kiefern bot die grösste Entfaltung der Säume *Pinus Pinea* dar, die ihre Krone nach Grisebachs¹³) Angaben möglichst ausbreitet und nur an den Zweigenden belaubt ist, also der Sonne und des heiteren Himmels bedürftig zu sein scheint. *Pinus Strobus* hingegen, welche selbst Moorboden bewohnt (Hartig¹²) und am üppigsten in Sümpfen gedeihen soll (Henkel und Hochstetter¹⁴), ist nur schwach mit Säumen ausgestattet.

Von den Taxodien besitzen die dem feuchtwarmen Klima Japans entstammende *Cryptomeria japonica* und besonders *Taxodium distichum*, die Sumpfcypresse, schwach entwickelte Säume, *Taxodium sempervirens* und *Sequoia gigantea* dagegen sind gut damit versehen.

Da, wo selbst die einzelne Species grosse Schwankungen in der Blattbildung zeigt, und, wie es bei den Cupressineen beson-

ders auffallend hervortritt, besondere Sonnen- und Schattenblätter ausbildet (Stahl¹⁵), erreichen stets in letzteren die Säume ihre geringste Entfaltung, ja es bleibt sogar die Verdickungsform der Hoftüpfel auf einer niederen Stufe stehen.

S c h l u s s.

Aus den vorangegangenen Capiteln haben wir ersehen, dass die Coniferen vor allem mit den Cycadeen, ausserdem aber auch mit den Gnetaceen und den übrigen Gefässpflanzen in Bezug auf die Bündelenden auf das engste verbunden sind; Tracheidensäume, -Hauben, -Anastomosen und freie Bündelenden stellen sich als analoge, physiologisch gleichwerthige Gebilde dar, die innig mit dem Gefässtheile des Bündels zusammenhängen, und daher als Endstation der Wasserleitung betrachtet werden müssen, zumal, da wir, wie bereits früher mitgetheilt, Wasser als Inhalt festgestellt haben.

Wie im Besonderen die Bündelsäume und deren Analoga an der Wasserleitung betheilig sind, soll erst in einer späteren Arbeit erörtert werden, in welcher ich das Aufsteigen des Wassers in der Pflanze im Allgemeinen zu behandeln gedenke, nach der Vorstellung, die ich mir darüber im Laufe der dieser Abhandlung zu Grunde liegenden Untersuchungen gebildet habe.

Es erübrigt noch, zum Schlusse einige Worte bezüglich der Beibehaltung der Bezeichnung „Tracheid“ zu sagen.

Wie wir bereits früher sahen, ist die Mohl'sche Benennung „Transfusionszelle“ zweideutig und deshalb unbrauchbar.

„Normalgehöfte Poren“, wie sie Zimmermann¹⁾ für die Tracheiden verlangt, haben wir nachgewiesen, und, wenn auch der Name „Tracheid“ ursprünglich eine andere Bedeutung gehabt hat, und für die damit benannten Elemente die neuerdings von Potonié¹⁶⁾ vorgeschlagene Benennung „Hydroid“ ganz bezeichnend ist, so empfiehlt es sich doch, die jetzt allgemein gebräuchliche Bezeichnung „Tracheid“ gemäss der von de Bary⁴⁾ gegebenen Definition beizubehalten.

Wegen der mannigfachen, in ihrer eigenthümlichen Verdickungsform von mechanischen Bedingungen abhängigen Gestaltung der Saumtracheiden, sowie wegen der offenbaren Abhängigkeit der Massenentwicklung der letzteren von der jeweiligen Transpirationsintensität nahmen besonders die Coniferen unser Interesse in Anspruch.

Ein speciell praktisches Interesse muss genannte Pflanzenabtheilung dem Paläontologen gewähren, insofern eine genauere Kenntniss der Verdickungsform der Saumtracheiden ein treffliches Hilfsmittel zur Orientirung an paläontologischem Material sein wird. Von dem Grade der Ausbildung der Säume jedoch Schlüsse auf die in vorgeschichtlichen Zeiten gewesenen äusseren Verhältnisse, wie Klima und Bodenbeschaffenheit zu machen, ist nicht eher gestattet, bis ausgedehntere, vergleichende Untersuchungen an Pflanzen vorliegen, die ihren heimathlichen Verhältnissen entnommen wurden. Natürlich müssen bei der angedeuteten Schlussfolgerung auch die übrigen Gewebe des Blattes, besonders das Haut- und Assimilationssystem berücksichtigt werden, unter Beobachtung der von Stahl¹⁵⁾ hierfür gegebenen Gesichtspunkte.

L i t e r a t u r a n g a b e .

1. A. Zimmermann, „Ueber das Transfusionsgewebe.“ Flora 1880. Nr. 1.
 2. H. v. Mohl, Bot. Zeitung 1871. Nr. 1 und 2.
 3. Thomas, „Zur vergl. Anat. d. Conif. Bl.“ Prghs. Jb. Bd. IV. H. 1.
 4. De Bary, Vergl. Anat. d. Vegetationsorg. etc. 1877.
 5. Bertrand, „Anatomie des Gnétacées et Conifères.“ An. d. sc. nat. Bot. T. XX.
 6. J. Lazarski, „Beiträge zur vergl. An. der Bl. einiger Cupressineen.“ Ztschrft. des allgem. östr. Apoth.-Ver. 1880 Nr. 6 u. ff.
 7. Berthold, Beiträge zur vergl. Anat. d. Coniferenbl. Diss. Breslau 1875.
 8. G. Haberlandt, Vergl. An. des assim. Gewebesyst. d. Pfl. Prghs. Jb. Bd. XIII. H. 1.
 9. Kraus, „Ueber den Bau der Cycadeenfiedern.“ Prghs. Jb. IV.
 10. A. B. Frank, Bot. Z. 1864 p. 167 und 169.
 11. Sachs, Lehrb. d. Bot. 4. Aufl.
 12. Hartig, Bot. Z. 1864 p. 167 und „Forstl. Culturpfl. Deutschlands.,“
 13. Grisebach, „Die Vegetation d. Erde.“
 14. Henkel u. Hochstetter, Nadelhölzer.
 15. Stahl, „Ueber den Einfl. des sonnigen oder schattigen Standortes auf die Ausbildung d. Laubbl.“ Jena 1883.
 16. H. Potonié, „Ueber die Zusammensetzung d. Leitbündel bei den Gefässkryptogamen.“ Jb. d. kgl. bot. Gartens u. bot. Museums z. Berlin. II. 1883.
-

Erklärung der Figuren.

Fig. 1. Scheidenzelle von *Gingko biloba*, mit einfachen Tüpfeln bedeckt.

Fig. 2. Querschn. durch das Rudimentärblatt von *Casuarina equisetifolium*, *t*- Saumtracheiden, *g*- Gefässtheil.

Fig. 3. Scheidenzelle von *Pinus Pinaster* mit grossen einfachen Tüpfeln auf Tangential- und Radialwand.

Fig. 4. Saumtracheide aus dem Querschn. von *Larix europaea* mit Netzfaserverdickung.

Fig. 5. Saumtr. aus dem Querschn. v. *Gingko biloba*.

Fig. 6. Scheidenzelle aus dem Querschn. v. *Gingko biloba*.

Fig. 7. Verdickte Parenchymzelle von *Cycas revoluta*.

Fig. 8. Saumtracheide von *Cycas revoluta* mit mehrfach contourirten Hoftüpfeln.

Fig. 9. Schema für den Verlauf der Tracheidensäume, combinirt nach Bildern von *Thuja Menziesii*. Die centrale Bündelmasse ist für das Schema des Längsverlaufes der Säume weggelassen, die Blattumrisse sind durch punktirte Linien angedeutet, die Blattbündel durch schwache, die Säume durch dicke Linien. *a*- Randblatt, *b*- Mittelblatt.

I. Ideeller Querschnitt an der Spitze der Randblätter.

II. „ „ kurz unter der Abgangsstelle der Randblätter.

Die Säume *b* der beiden Mittelblätter stossen fast zusammen.

III. Ideeller Querschnitt in derselben Richtung wie I, gerade an der Stelle, wo sich die Randblätter abgelöst haben. Am Rande der Beginn der Anastomosen *b*, an der centralen Bündelmasse die 4 Ausläufer *c* der Säume der kurzen Mittelblattbündel.

IV. Ideeller Querschnitt am Grunde der Randblätter.

Fig. 10—16 sind mit der Camera lucida gezeichnet.

Fig. 10. Einfaches Hoftüpfel von *Chamaecyparis pisifera* in Flächen- und Seitenansicht. Der Tüpfelraum wird wie in den folgenden Fig. in der Mitte von der Schliessmembran durchsetzt, die nur in F. 18 rechts den Porus verschliesst.

Fig. 11—16 allmählicher Uebergang von einfachen zu wurzelförmigen Fortsätzen am Tüpfelwall.

Fig. 11—13 in Flächen- und Seitenansicht.

Fig. 14—16 nur in Seitenansicht.

Fig. 11. Tüpfel von *Libocedrus decurrens*.

Fig. 12. „ „ *Cupressus funebris*.

Fig. 13. „ „ „ *sempervirens*.

Fig. 14. „ „ *Biota orientalis*.

Fig. 15. „ „ *Juniperus communis*.

Fig. 16. „ „ „ *drupacea*.

Fig. 17. Junger Tüpfel von *Juniperus communis*.

Fig. 18. Seitlich durchschnittener Tüpfel von *Pinus Pinea* mit anliegender Schliessmembran.

Fig. 19. Tüpfel von *Pinus Pumilio* mit medianausgespannter Schliessmembran.

Fig. 2.

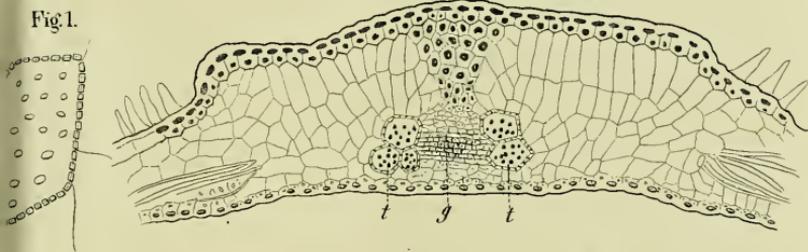


Fig. 3.

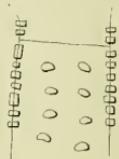


Fig. 5.

Fig. 6.

Fig. 7.

Fig. 8.

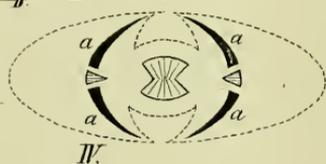
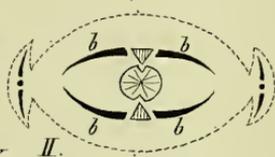
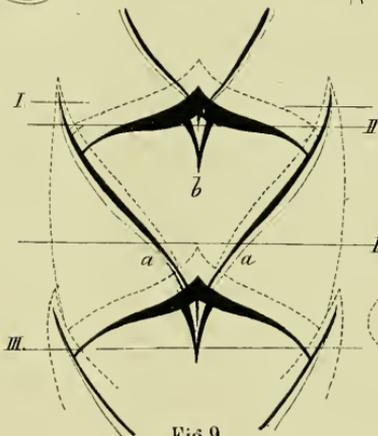
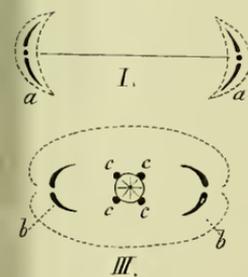
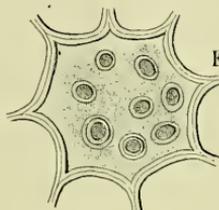


Fig. 9.

Fig. 10.

Fig. 11.

Fig. 12.

Fig. 13.

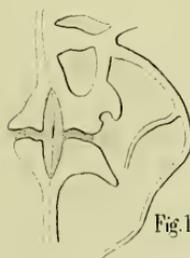
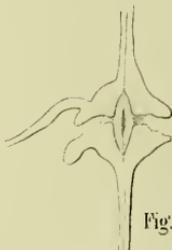
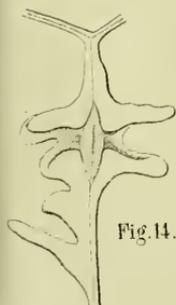
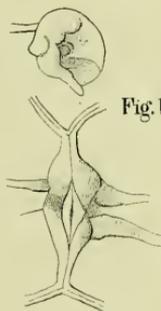


Fig. 17.



Fig. 19.

Fig. 14.

Fig. 15.

Fig. 16.

Fig. 18.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Jenaische Zeitschrift für Naturwissenschaft](#)

Jahr/Year: 1883

Band/Volume: [NF_9](#)

Autor(en)/Author(s): Scheit Max

Artikel/Article: [Die Tracheidensäume der Blattbündel der Coniferen mit vergleichendem Ausblicke auf die übrigen Gefäßpflanzen, besonders die Cycadeen und Gnetaceen. 615-636](#)