

III.

Beitrag

zur

Kenntnis der Morphologie, Anatomie und Entwicklung
des

Samenflügels bei den Abietineen.

Mit einem Anhang
über Einrichtungen zum Verschluss
der Gymnospermenzapfen
nach der Bestäubung.

Zur Habilitation für Botanik
bei der allgemeinen Abteilung der technischen Hochschule in
München eingereicht im Februar 1892

von

Dr. Carl Freiherr von Tubeuf

Privatdozent an der Universität und an der technischen Hochschule
in M ü n c h e n.

Mit 3 Tafeln und 15 in den Text gedruckten Original-
abbildungen.

Vorwort.

Bei der Darstellung der Nadelholzsamen in meinem Buche „Samen, Früchte und Keimlinge der forstlichen Kulturpflanzen 1891“ wurde vielfach die Form des Flügels als Bestimmungsmerkmal benützt. Es zeigte sich, dass die verschiedenen Gattungen wie auch Arten grosse Unterschiede in der Form der Samenflügel erkennen liessen und dass innerhalb der Gattungen wieder gewisse Verhältnisse der Ausbildung und Anheftung des Flügels an den Samen übereinstimmend waren. Diese Beobachtungen legten den Wunsch nahe, auch die anatomische Struktur des Flügels, wie sie sich bei mikroskopischer Betrachtung erkennen lässt, vergleichend zu untersuchen. Es war dies um so wünschenswerter, als dieselbe noch nirgends dargestellt wurde.

Sehr mit Recht hat Nobbe in seinem Handbuch der Samenkunde 1876 auf die Wichtigkeit und den Mangel einer Untersuchung des Samenflügels der Abietineen hingewiesen. Er sagt S. 48: „Die forstbotanische Literatur hat dem Samenflügel in morphologischer Hinsicht bisher kaum Beachtung geschenkt. Zumeist werden nur vom praktischen Standpunkt aus die Methoden beschrieben, durch welche die ausgeklengten Samen von den Flügeln befreit werden.“ S. 50 fährt Nobbe fort: „Für die Systematik und praktische Unterscheidung der Gattungen und selbst Arten aus den Samen lässt sich der Flügel, auch wo derselbe nur fragmentarisch vorliegt, vortrefflich verwerten. Schon seine Form, Textur und Art des Umgreifens auf die Unterseite der Frucht sind höchst charakteristisch.“ Bei Nobbe allein finde ich auch eine mikroskopische Zeichnung eines kleinen Flügelstückchens. Wenn Nobbe aber S. 48 von der Dunkelheit, von welcher das morphologische

Verständnis jenes einseitigen Flügels der Nadelholzfrucht umhüllt bleibt, spricht, so zeigt er uns eine weitere Lücke in unserer Kenntnis vom Abietineenflügel, welche einigermaßen durch die entwicklungsgeschichtliche Untersuchung der geflügelten Samen in verschiedenen Altersstadien auszufüllen, wir uns bestreben werden.

Es soll demnach ein Beitrag zur Darstellung der Morphologie, Anatomie und Entwicklungsgeschichte des Samenflügels der Abietineen durch diese Arbeit gegeben werden.

Die Abbildungen im Texte habe ich nach der Natur mit der Feder gezeichnet, die auf den Tafeln dargestellten Flügel mit einem durch die Güte des Herrn Dr. Andeer leihweise erhaltenen mikrophotographischen Apparat nach meinen Objekten aufgenommen und durch Autotypie reproducieren lassen.

Das Untersuchungs-Material habe ich grösstenteils selbst in den verschiedenen Entwicklungszuständen gesammelt und besonders viel von Oberitalien und den coniferenreichen Gärten Bozens mitgebracht, eine grössere Sendung japanischer Coniferen verdanke ich der Güte von Herrn Professor Dr. Grassmann in Tokio. Zur Beschreibung der entwickelten Flügel dienten endlich auch verschiedene trockene Zapfen und Samen der hiesigen forstbotanischen Sammlungen und des botanischen Museums, welche mir von den Herren Professoren Dr. Hartig und Dr. Radlkofer freundlichst zur Verfügung gestellt waren.

I.

Allgemeiner Teil.

Der Flügel der Nadelholzsamen hat seine bekannte physiologische Bedeutung, die Fortführung der Samen durch Wind auf grössere Entfernungen zu ermöglichen, ebenso wie der Flügel der Laubholzsamen und jener der Früchte. Durch den grösseren Widerstand, welchen er der bewegten Luft bietet, und durch die rotierende Bewegung, in welche er bekanntlich das Samenkorn bringt, gelingt es ihm, die Samen auf einen grossen Kreis über die Kronentraufe des Baumes hinaus zu verbreiten und bei stärkerer Luftbewegung selbst aufwärts zu führen. Er hat wohl auch vielfach die Aufgabe, eine leichtere Loslösung des Samens aus dem Zapfen zu bewerkstelligen. Andererseits schreibt man ihm zu, den Samen in eine der Keimung günstige Lage zu Boden zu bringen, d. h. der Same wird durch den Flügel flach oder mit der Micropyle nach unten zur Erde gelangen. Auch bietet er dem Samen einen Vorteil dadurch, dass er ihn schwimmfähiger macht und so seine Verbreitung auf Schneeschmelzen, Bächen und Seen erleichtert. Die Nadelholzsamen aber fallen ja grösstenteils auf eine Schneedecke und schwimmen beim Schmelzen derselben ab. Endlich wird der Same leichter am Boden befestigt, da der grosse Flügel leicht festklebt oder von Sand und Steinchen bedeckt wird. Ist dies aber der Fall, dann können die Cotyledonen leicht aus der befestigten Samenschale gezogen werden. Anderenfalls heben sie dieselbe als Kappe in die Höhe und schieben sie erst allmählich ab. Dies gilt jedoch nur für die Samen, welche mit dem Flügel verwachsen bleiben, nicht für die Fichten, die zwei- und dreinadeligen Föhren.

Die Flügel der Gymnospermen sind äusserst verschiedenartig gebaut und verdienen deshalb eine grössere Beachtung.

Vor allem unterscheiden sich die Flügel der Cupressineae und Taxodieae von denen der Abietineae. Die Ovula der beiden ersteren sitzen frei auf der Samenschuppe und sind nicht durch den Flügel mit derselben verwachsen. Bei ihnen kommen nur verhältnismässig kleine Flügel vor, welche sich als Verbreiterungen der schmalen Längsseiten der Samenschale darstellen. Nur *Libocedrus* besitzt zwei grössere und ungleiche derartige Flügel. Den Taxeae, welche freie Ovula ohne Zapfen entwickeln und höchstens von einem Arillus umschlossene Samen tragen, fehlt ein Flügel überhaupt gänzlich, wie allen anderen Nadelhölzern ohne holzige Zapfen.

Bei den Abietineen ist zur Reifezeit der Flügel von besonderer Grösse und von konstanter Ausbildung für die einzelnen Gattungen. Wenn wir nun morphologisch auf sein konstantes Vorhandensein Gewicht legen, so können wir ihn dagegen physiologisch in einzelnen Fällen geradezu als fehlend betrachten. Es ist dies der Fall z. B. bei *Pinus Cembra* L. und anderen Zirbelkiefern (vergl. Fig. 3, 10 u. 11), bei welchen der Flügel nur noch als ein Rest vorhanden ist. Bei diesen schweren Samen wäre es überhaupt nicht mehr möglich, einen funktionsfähigen Flügel zu bilden, selbst wenn die Zapfen zu den grössten der Coniferen gehörten.¹⁾

Unzutreffend wäre es jedoch zu sagen, der Same zeigt keine Spur eines Flügels, wie es in den meisten Lehrbüchern heisst, wo auch der *Cembrasame* ohne jede Spur eines Flügels abgebildet ist, obwohl sich richtige Bilder z. B. in Th. Hartigs forstlichen Culturpflanzen und schon bei Lambert finden. Die Flügel sind hier rudimentär, wie sie es bei *Pinus Sabiniana* Dougl., *Pinea* L. u. a., die noch eine kurze Schippe haben, auch sind.

Die übrigen *Pinus*-Arten zeigen einen sehr langen Flügel und ein verhältnismässig kleines Korn. Selbst *Pinus Jeffreyi* Murr. und *Lambertiana* Dougl. mit ziemlich grossen Samen

¹⁾ Den grössten flugfähigen Samen besitzt *Pinus Lambertiana* Dougl.

haben einen solch langen Flügel auf der entsprechend langen Samenschuppe. Der Flügel ist zur Reifezeit bei den Pinus-Arten mit dem Samen verwachsen oder er löst sich von ihm los.

Ganz anders verhalten sich die Fichten. Bei allen *Picea*-Arten (vergl. Tafel III) bedeckt der Flügel den Samen nur einseitig von oben gleich wie ein Löffel und löst sich zur Reifezeit leicht vom Samen los. Bei allen Spezies ist er deutlich, gross ausgebildet, auch bei *Picea Omorica* Panc., von der Willkomm S. 101 anführt, der Flügel sei der einen Fläche angewachsen. Bei *Abies* Lk., *Keteleeria* Carr., *Larix* Lk., *Tsuga* Carr., *Pseudotsuga* Carr. und *Cedrus* Lk., dagegen löst sich der Flügel nicht vom Samen, sondern bleibt fest mit ihm verbunden und ist bald auf einer, bald auch auf der anderen Samenseite vorhanden, aber auch in dieser Gruppe in charakteristisch verschiedener Weise.

Betrachten wir nun den Flügel dieser Samen in jugendlichem Alter, so finden wir, dass ein Flügel bei sämtlichen Abietineen schon zur Blütezeit als ein scharf umschriebener Gewebeteil auf der zu dieser Zeit bald grossen, bald kleinen Samenschuppe mit blosem Auge sichtbar ist. Er bedeckt einen Teil dieser Schuppe und zwar entsprechend den beiden Samenanlagen (Ovulis) rechts und links der Mittellinie der Schuppe. Er ist stets glatt und etwas glänzend, während der angrenzende Schuppenteil, also die Mittelzone, und eine Querzone nahe dem oberen Flügelrande durch Papillenbildung matt und oft dunkler erscheint (die äussersten Schuppenränder können wieder glatt und glänzend sein). Ausser diesen Teil der Schuppe bedeckt der Flügel aber auch das Ovulum und später den Samen von oben; Strasburger sagt in der neuesten Auflage seines botanischen Praktikums 1887 S. 485: „Der Same der Fichte reift im Oktober. Er löst sich dann mitsamt dem Flügel leicht von der Fruchtschuppe ab. Der Flügel setzt sich auf der Innenseite des Samens zwischen diesem

und der Fruchtschuppe fort. Der Same fällt später leicht vom Flügel ab, eine entsprechende Höhlung an demselben zurücklassend.“ Eine Zeichnung S. 479 a. a. O. stellt den Samenflügel der Fichte auch an der inneren Samenseite dar. Diese Auffassung, als ob der Same auf einer oberflächlichen Gewebeplatte der Samenschuppe sitze und sich mit dieser ablöse, ist in viele andere Bücher übergegangen und man findet in einem der neuesten Lehrbücher der Botanik, ja selbst der Forstbotanik, eine Abbildung, welche den Tannensamen umgekehrt d. h. mit der Innen-(Unter-)Seite nach aussen (oben) auf der Samenschuppe zeigt.

Es verhält sich aber so, dass der Same vom Flügel vollständig eingeschlossen und von oben bedeckt ist.

Da also alle Abietineen-Samen in der Jugend vollständig bis auf die Stelle, an welcher sie festgewachsen sind, vom Flügel eingeschlossen werden, so zeigen auch diejenigen Samen mancher Föhrenarten, welche im oberen oder unteren Teile eines Zapfens sitzen und sich hier nicht vollkommen entwickeln, ebenso wie die, welche sich nicht ausbilden konnten, weil sie nicht befruchtet wurden oder weil sie von einem Insekt angebohrt wurden, auch zur Reifezeit des Zapfens noch den Flügel die ganze Samenoberfläche wie zur Blütezeit bedeckend (siehe Fig. 5). Bei den anderen Körnern dagegen gingen Veränderungen mit dem Flügel insoferne vor sich, als er z. B. bei manchen Kiefern, wie unserer *Pinus silvestris* L., auf der Oberfläche des Samenkornes zerrissen wurde, bis nur die Zange allein noch vom unteren Flügelteile übrig blieb. Die Gestalt des unteren, den Samen bedeckenden, Flügelteiles ist insoferne abhängig von der Samenschuppe, als sich der Flügel nur da ausbilden kann, wo der Same frei d. h. nicht mit der Schuppe verwachsen ist. Daher kommt es auch, dass der Flügel bei den Tannen, Douglastannen, Lärchen etc. so deutlich die Samenspitze kappenförmig umgiebt, weil eben diese Kappe über den unteren Schuppenrand schon zur Blütezeit und durch Wachstum später noch mehr hervorragt.

Der obere, über das Samenkorn hinausragende Teil des Flügels, das eigentliche Flugorgan, ist in seiner Form dadurch

abhängig von der Gestalt der Samenschuppe, dass er sich schon vor der Blütezeit in der weiblichen Blütenknospe differenziert hat und bis zur Reifezeit mit der Oberfläche der Samenschuppe verwachsen bleibt. Der Flügel, welcher weder nach oben noch nach der Seite hin den Rand der Samenschuppe erreicht und nach innen zur Blütezeit durch eine freie Zone vom Nachbarflügel getrennt wird, macht von der Zeit der Knospe und der Blüte bis zur Reife das Wachstum der Samenschuppe mit. Auf der Wölbung des Samenkornes bei einigen Kiefern kann der untere Flügelteil dagegen, wie schon bemerkt, im Wachstum schliesslich nicht mehr Schritt halten und wird so zerrissen.¹⁾ Die Zellen des freien Flügels sind daher am letzten oberen Rande kurz und dick, während die Zellen in der Flügelmitte sehr langgestreckt erscheinen und hier offenbar die grösste Wachstumsspannung auszuhalten hatten. Bei vielen Föhren findet man noch Reste der Flügelsubstanz auf der Samenoberfläche zur Reifezeit. Besonders deutlich und regelmässig zeigt dies z. B. *Pinus Torreyana* Parry, (siehe Fig. 3 1, 4, 6), wo die Flügelreste, gleichmässig verteilt, auf der Samenoberfläche eine dunkel gesprekelte Zeichnung hervorrufen. Es ist also nicht so, als ob der Flügel den Samen überwallt und nur bei der Kiefer — wie es oft angenommen wird — nicht auf die ganze Oberfläche wachse, wodurch die Zangenbildung veranlasst werde. Vielmehr bedeckt er in der Jugend auch den Föhrensamen auf der ganzen Oberfläche und verschwindet hier erst allmählich mit der Ausbildung und Reife des Samens. —

Der äusseren Gestalt des Flügels nach lassen sich die Abietineen-Gattungen in folgender Weise zusammenstellen:

Samenflügel der Abietineen zur Reifezeit.

Die äusserste Integumentschichte ist mit wenigen Ausnahmen (bei der Gattung *Pinus* findet man bei einigen grossen Samen das Flugorgan rudimentär, ja oft nur noch ein das

¹⁾ Vergl. hiezu Tafel III und die Abbildungen in des Verfassers „Samen, Früchte und Keimlinge forstlicher Culturpflanzen.“

Korn umfassendes Band) zu einem Flugorgan (Flügel) ausgebildet.

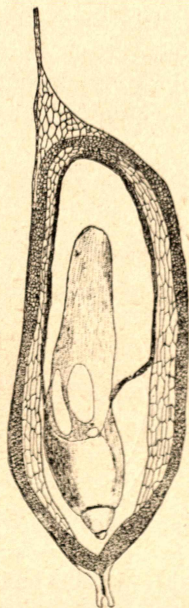
- I. Der Flügel umfasst im unteren Teile den Samenzangenförmig: *Pinus* Linn.
 - a) Er ist leicht vom Samen ablösbar. Sect. *Pinaster* und *Taeda*.
 - b) Er ist nicht ablösbar. Sect. *Strobus* und *Cembra*.
- II. Der Flügel bedeckt den Samen von oben löffelartig und löst sich zur Reifezeit von demselben ab: *Picea* Lk.
- III. Der Flügel bedeckt den Samen kappenartig, indem er auch auf dem freien Teile der Unterseite ausgebildet ist. Er bleibt mit dem Samen fest verwachsen.
 - a) Der Flügel bedeckt die Unterseite des Samens bis auf das oberste Drittel. Same weich, Samenschale mit Harzlücken.
 - α) Same gross, Flügel derb. *Abies* Lk.
 - β) Same klein, Flügel zart. *Tsuga* Carr.
 - b) Der Flügel bedeckt nur den untersten Rand der Samenunterseite. Same hart, Samenschale ohne Harzbeulen.
 - α) Flügel oben eckig. Unbedeckter Samentheil einfarbig, bräunlich, Same oben glatt. *Larix* Lk.
 - β) Flügel oben abgerundet. Unbedeckter Teil weiss mit braunen Tupfen, Same oben behaart, grösser wie bei *Larix*. *Pseudotsuga* Carr.
 - c) Flügel sehr gross, die Unterseite fast gar nicht bedeckend, glänzend, unbedeckte Samenseite matt, hellbraun. Same weich, Samenschale mit Harzbeulen. *Cedrus* Lk.

Nach dieser kurzen und allgemeinen Betrachtung der äusseren Samenflügelgestalt zur Reife- und zur Blüthezeit schien es zum Verständnis dieses eigentümlichen Organes notwendig zu sein, auch seine anatomische Struktur

mikroskopisch zu untersuchen. Zum Zwecke der Übersicht und der Diagnostik habe ich zahlreiche Flügel mikrophotographisch aufgenommen und einen Teil dieser Photographien autotypisch reproducieren lassen (siehe Tafel I und II).

Der Flügel der Abietineen-Samen lässt eine derbe Epidermis unterscheiden und darunter eine Schichte von sehr grossen, weitleumigen Zellen. Diese letzteren nehmen den grössten Platz ein an der Basis des Samens, wo sie im Längsschnitt als grosses

Fig. 1. Same von *Pinus Strobus* L. im Längsschnitt. Das Integument besteht aus einer kleinzelligen äusseren und einer grosszelligen inneren Schichte. Die Erstere ist vom Flügel bedeckt, welcher ein grosszelliges Parenchym an der Ovulumbasis entwickelt hat. Die Integumentfortsätze sind bei dem vorliegenden jungen Samen bereits an der Mikropyle geschlossen.



Dreieck erscheinen. Sie bilden bei den Föhren vor Allem jene oft sehr beträchtlich dicken Kappen und Zangen (vergl. Fig. 3), die bei manchen Samen zur Reifezeit oft fast allein noch vorhanden sind (d. h. ohne die flugfähige Flügelverlängerung). Dieses Gewebe ist somit ein sehr wichtiger und wesentlicher Flügelbestandteil, welcher stets mit der äusseren Flügelschichte fest verwachsen bleibt und mit dieser bald am Samen haftet, bald sich von demselben zur Reifezeit löst. Bei jugendlichen

Samen lässt sich sehr wohl beobachten, dass dieses Gewebe sich weit auf der Schuppe unter der äusseren Flügelzellschichte hinzieht, wenn es auch gegen den oberen Rand des Flügels sich verliert, während es an der Samenbasis ein dicker Zellkomplex war.

Das dichte Integument jugendlicher Samen ist bei einigen Gattungen selbst nicht an der Basis der Samen abgerundet, sondern zieht seinerseits wieder eine weite Strecke unter dem inneren Flügelgewebe flach auf der Samenschuppe hin. Dieser Teil erscheint bei reifen Samen z. B. der Fichten noch als ein kegelliger Vorsprung, auf welchen Nobbe S. 49 seiner Samenkunde schon aufmerksam machte. Sehr deutlich ist er auch bei *Abies* ausgebildet (siehe Fig. 7).

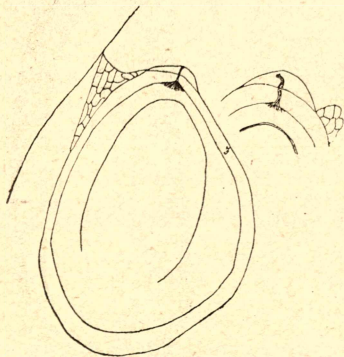
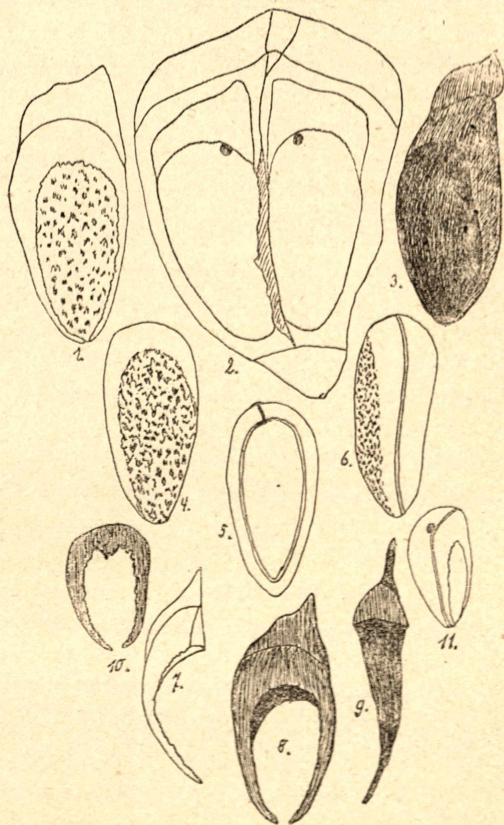


Fig. 2. Querschnitt durch 2 (nicht zusammengehörende) Ovula von *Pinus Strobus* L. mit der Verlängerung des Gefäss-Stranges durch die äussere Integument-Schichte (J.).

Der Nabel der Samen liegt an der Basis derselben und zwar nicht in der Mitte, sondern mehr gegen die Schuppenmitte zu. Er ist kreisrund, schwach erhaben und bei den grossen Arten wie *Pinus Sabiniana* Dougl., *Torreyana* Parry., *Pinea* L., *Cembra* L., *Koraiensis* Sieb. et Zucc. u. a. deutlich zu sehen. Bis zu ihm ziehen Tracheiden. Die Verlängerung des Gefäss-Stranges bilden dünnwandige, langgestreckte Zellen, welche die äussere Integumentschichte durchziehen und auf der inneren Integumentschichte kegelförmig ausstrahlen. Sie sind bei einem jugendlichen Samen von *Pinus Strobus* L. in Fig. 2 dargestellt. Bei den grossen Samen kann man sie als feine

schwarze Linie in der braunen Samenschale verfolgen (siehe Fig. 3 5). Der Nabel und somit der Gefäß-Strang befindet sich aber an einer Stelle des Samens, wo dieser fest mit der Schuppe verwachsen ist und keinen Flügel bildet, er läuft also wenigstens bei meinen Präparaten nicht durch den weitzelligen

Fig. 3. 1—9 incl.
Pinus Torreyana
 Parry. 1 Same vom Flügel umfasst, 4 vom Flügel befreit. Beide zeigen wie 6 die übrig gebliebenen Schüppchen der Flügelepidermis auf ihrer Oberfläche. 3 Same mit Flügel seitlich. 2 Schuppe ohne Samen mit Nabel-fleck. 5 Same mit Gefäß-Strang (im Längsschnitt). 7, 8, 9 Flügelzange. 10 u. 11 *Pinus Cembra* L., 10 Flügel, 11 Same mit dem Flügel rechts und dem Nabelfleck links auf der flügel-freien Unterseite.



Flügelteil, wie es auf der *Pinus*-Tafel von Dodel-Port dargestellt ist.

Auch bei reifen Samen befindet sich der Nabel ausserhalb des Teiles, welcher noch vom ablösbaren Flügel bedeckt ist. Man kann daher auch den Flügel nicht als Nabelstrang be-

zeichnen, obwohl wir das Ovulum für nackt auf der Samenschuppe sitzend ansehen. Göppert (*De coniferarum structura anatomica* 1841) bezeichnet den Flügel als Nabelstrang, indem er von ihm sagt: „funiculi umbilicalis functionem exercens“. Auch Nobbe (*Handbuch der Samenkunde* 1876) neigt dieser Anschauung zu. Dodel-Port hält das grosszellige Parenchym an der Samenbasis für den Stiel (funiculus) der Samenknospe und zeichnet auch die Fortsetzung des Gefäss-Stranges durch dieses Parenchym verlaufend.

Strasburger sagt S. 89 seines Werkes „Die Angiospermen und die Gymnospermen 1879“: „Die Flügel an den Samen der Abietineen, das sei hier noch im Anhange bemerkt, sind keine besonderen, morphologischen Gebilde, vielmehr Differenzierungen der Oberfläche der Fruchtschuppe. Sie bestehen aus der Epidermis und 2—3 darunter gelegenen, stark verdickten Zellschichten. Unterschiede in der Verdickung dieser und der nachfolgenden, dünnwandigen Elemente bewirken das Ablösen der Flügel. Diese Unterschiede in der Verdickung hören scharf an der Grenze der Flügel auf, hier reicht das unter der Fruchtschuppe gelegene Gewebe bis an die Epidermis heran.“

Hienach und nach dem Satze im botan. Praktikum 1887 S. 485 u. der S. 479 gegebenen Abbildung könnte man vielleicht glauben, der Flügel bestehe ganz gleichmässig aus wenigen, dickwandigen Zellen und das Ovulum liege auf ihm, während er, wie schon bemerkt, gerade das Ovulum vollständig bedeckt.

Nimmt man an, dass der Flügel ein Teil der Samenschuppe ist, dann liegt das Ovulum vollkommen in diesem Teile der Schuppe eingeschlossen.

Da man so den Flügel schon im jugendlichsten Stadium des Ovulums findet, ist er nicht als ein nachträglicher Auswuchs der Samenschuppe oder des Integumentes zu betrachten. Er wird vielmehr gleichzeitig mit den Ovulis angelegt und differenziert. Wir haben demnach die Wahl, den Flügel zum Integumente zu rechnen, welches er in seiner grössten Entwicklung auf dem Ovulum und dem sich rückwärts auf der

Schuppe fortsetzenden Teile bedeckt, oft nur wenig darüber hinausragend, oder als ein zweites Integument zu betrachten, oder ob man das Ovulum als in eine Sacktasche der Samenschuppe eingeschlossen bezeichnen will, wie man eine Zeit lang

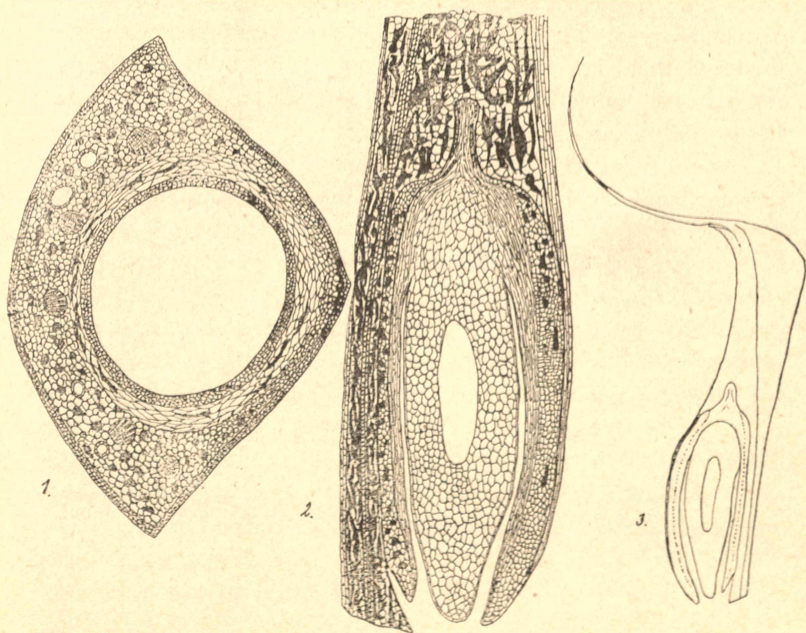


Fig. 4. *Araucaria imbricata*. Pav. 1. Ein Querschnitt durch eine junge Schuppe mit Ovulum, dessen Kern herausgefallen ist. Die Schuppe zeigt Harzgänge, Gefässbündel und schwarz gehaltene Skleromechymfasern, welche hier quer getroffen sind, während sie in der äusseren Integumentschichte sich im Längsverlaufe zeigen. 2. Ein Längsschnitt durch dieselbe Samenknospe zeigt die Basis des Ovulums mit Gefässen, die beiden Integumentschichten und eine äusserste, Ovulum und Schuppe bedeckende Gewebsschichte. 3. Längsschnitt durch eine Schuppe samt Ovulum.

den Araucariensamen als in die Schuppe versenkt betrachtete. Bei *Araucaria* ist das Ovulum auf der Schuppe mit der Micro-pyle gegen die Schuppenbasis wie bei den Abietineen festgewachsen. Aber auch der reife Same trennt sich nicht von der Schuppe, sondern bleibt mit ihr fest verbunden und fällt mit ihr ab.

Eichler nahm noch in Martius Flora brasiliensis IV. 1. 1852—1863 an, dass das Ovulum in die Schuppe eingesenkt wäre und somit von einem Teile der Schuppe bedeckt würde. Hierbei sah er die Schuppe für eine einzige an und bezeichnete den Auswuchs auf deren Oberfläche als Ligula. In seinen Blütendiagrammen 1875 aber spricht er von einer Fruchtschuppe, welcher das Ovulum oberflächlich aufgewachsen sei und welcher die Ligula als Spitze angehöre und von einer mächtig ausgebildeten Deckschuppe.

Wir wollen annehmen, dass wir zwei Schuppen vor uns haben, was bei anderen Araucarien deutlicher hervortritt. Es entspringt dann das Ovulum jedenfalls mit seiner Basis innerhalb der Samenschuppe und ist von ihr grossenteils auch wirklich bedeckt.

Das Integument aber ist deutlich in zwei verschiedene Schichten getrennt. Die innere besteht aus zarten Zellen, welche der Längsachse des Ovulums parallel gestreckt sind, die Zellen der äusseren aber sind tangential gestreckt und erscheinen im Querschnitt ähnlich den Zellen der inneren Schichte vom Längsschnitt. In der äusseren Schichte treten eigentümliche Sklerenchymzellen auf, welche ebenfalls in tangentialer Richtung ihre Längsachse haben. Ausserhalb dieses Integumentes zeigt die Schuppe an der Bauch- oder Innenseite des Ovulums wie an der Rückenseite ähnliche Sklerenchymzellen in gehäuftem Masse und in einer zu denen des Integumentes rechtwinkligen (um 90° gedrehten) Richtung d. h. sie verlaufen in der Längsrichtung der Schuppe.

Einige langgestreckte Parenchymzellen bilden eine Aussenschichte als Abschluss des Schuppenrückens wie des Ovulums. Mit Rücksicht auf diese letztere Schichte, welche sich auf der Schuppenoberfläche fortsetzt, könnte man, wie es Eichler anfangs that, das Ovulum für eingesenkt halten, doch ist dies nicht absolut nötig, da sich diese Schichte offenbar gleichzeitig und gemeinsam an Schuppe und Ovulum differenziert hat.

Die Basis des Araucarienovulums ist jedenfalls in eine Vertiefung der Schuppe versenkt und helmartig umschlossen, wie es Abbildung 4 zeigt. Diese Figur zeichnete ich Anfangs

November nach einem lebenden Zapfen von *Araucaria imbricata* Pav., den ich der Güte von Herrn Professor Dr. Göbel verdanke.

Schliessen wir uns der gewöhnlichen Ansicht an, dass das Araucarien-Ovulum der Samenschuppe nur aufgewachsen ist und dass der freie Flügel der Araucarien nicht der Samenschuppe, sondern dem Integumente angehöre, so würde sich das Ovulum von *Dammara* mit bald einem, bald zwei einseitig entwickelten Flügeln von jenem der Araucarien nur dadurch unterscheiden, dass seine Basis an einer Erhöhung der Samenschuppe, nicht in einer Vertiefung wie bei *Araucaria* entspringt und dass es mit der Schuppe weiter nirgends verwachsen ist.

In diesem Falle würden sich die Abietineen aber auch noch näher an die Araucarien anschliessen, weil sie ein ebenso geflügeltes Integument besitzen, welches samt Flügel mit der Samenschuppe verwachsen ist. und sich erst zur Reifezeit löst.

Leider fehlt mir von *Araucaria* ganz junges Material, um die Entwicklung des Ovulums prüfen zu können. An jungen Zapfen aber scheint wenigstens nach den anatomischen Merkmalen der Flügel zur Samenschuppe zu gehören, von welcher das Ovulum eingeschlossen zu sein scheint. Samen mit deutlich geflügelten Schuppen konnte ich von Araucarien untersuchen, welche ich zum Teile der Güte des Herrn Collegen Dr. Rothpletz, der eine schöne Sammlung von Teneriffa mitbrachte, verdanke.

Bei den Abietineen könnte man nun auch annehmen, dass sich gleichzeitig ein Teil der Schuppe und die Oberfläche des Ovulums zum gemeinsamen Flügelgewebe differenziere. Richtiger aber scheint es zu sein, den Flügel für einen Teil des Ovulums zu halten, welcher sich als äussere Integumentschichte und besonders mächtig an der Basis des Ovulums entwickelt und wie das ganze Ovulum auf der Schuppenfläche verwachsen sitzt und durch das nachträgliche Wachstum derselben eine so bedeutende Grösse erreicht. Insbesondere wird dadurch, dass das Ovulum samt seinem basalen Teile keine

so bedeutende Längsstreckung erfährt wie die mittlere Region der Schuppenfläche, eben gerade der dünne und später freie Flügelteil so sehr vergrössert.

Wie Strasburger ausführlich dargestellt hat, erhebt sich auf der Samenschuppe ein Zellkonus, der von einem halbmondförmigen Walle umschlossen wird.¹⁾ Dieser Wall (ein zweiter Wall, aus dem sich etwa der Flügel arillusartig entwickelte, wird nicht beobachtet) differenziert sich allmählich in die zwei Integumentschichten und die äusserste Schichte, den „Flügel“; die Basis des Walles aber wird zu dem grosszelligen Parenchym und Flügel, welcher mit der Schuppe sich streckt und so eine Grösse erreicht, welche die des Samens um ein vielfaches übersteigen kann. Zur ersten Blütezeit geht diese Flügelregion allmählich in die Schuppe über und nach und nach tritt eine schärfere Differenzierung hervor, die besonders dann auffallend wird, wenn die Schuppenepidermis ausserhalb des Flügels zu Haaren auswächst. Bei jungen, rudimentären Samen z. B. im obersten Zapfenteile einer Föhre sind die Samenschale wie das Parenchym an ihrer Basis flach und langgestreckt und heben sich besonders scharf von der Schuppe ab, ihre Zusammengehörigkeit hiedurch schon anzeigend.

Bei den Taxineen bildet sich ebenfalls das Integument in zwei Schichten aus wie bei Ginkgo oder es entstehen arillusartige Wucherungen wie bei Taxus, Podocarpus u. a.

Bei den Cupressineen wird das Ovulum frei entwickelt und kann somit die äussere Schichte des Integumentes auch freier zu einem Flügel sich entwickeln, welcher indess wegen des Schuppendrucks doch meist flächenförmig sich ausbildet. — Bei den Juniperineen entwickeln sich Beerenzapfen, bei den Abietineen, Cupressineen und Taxodien haben wir es mit holzigen Zapfen und entschiedenem Flugorganen zu thun, welche nur in einzelnen Fällen der Gattung Pinus rudimentär bleiben, wo die Samen zu schwer zum Fliegen werden, oder wo wie bei Cembra die Zapfen ganz — entgegen den meisten Angaben — zur Erde fallen und ihre Verbreitung in erster Linie

¹⁾ Vergl. auch die Tafel von Pinus resinosa Sol. in Adansonia I.

durch Vögel (besonders Heherarten) finden, in zweiter Linie durch Nager vertragen werden.

Bei den Taxineen dient der bunte Arillus um den harten Samen wie bei *Taxus* offenbar zur Anlockung der Vögel und es werden die Samen durch Drosselarten verbreitet. Bei *Ginkgo* dagegen dürfte die zweite Integumentschichte einen Schutz gegen den Frass der Vögel bilden. Die intensiv nach Capronsäure riechende Aussenschichte wird wenigstens in der Jetztzeit und bei uns von den Vögeln verschont. Ich sah in Mailand den Boden und die Bäume mit den pflaumenartigen Samen bedeckt, welche alle unversehrt waren, ebenso in Bozen.

Dagegen beobachtete ich in einem Gewächshause in Karlsruhe wie der Stamm eines tropischen Farnes dicht besetzt war von den Keimlingen der Eibe mit ihren zwei Cotyledonen, deren Samen von Amseln dahin vertragen waren.

Die dünne Schale von *Ginkgo* würde sehr leicht von einem Vogelschnabel durchhackt sein und der gute Innenkern zugänglich werden.

Die gelben Samen fallen auch in der gelbgrünen Herbstbelaubung der *Salisburya* wenig auf. Zugleich muss der Kern wohl durch die saftige und sehr langsam verdunstende Aussenschichte, so lange die Befruchtung und Reife nicht erfolgt ist, vor Vertrocknung einen besonderen Schutz haben.

Einigen Aufschluss über die Flügelbildung geben auch die verkümmerten Samen, welche sich je nach der Zapfenspezies und somit Zapfenform in verschiedener Menge im oberen und im unteren Zapfenteile befinden.

Bei den *Pinus*-Arten sind nur die Samen im mittleren Zapfenteile ausgebildet und es bleiben besonders bei den Zwe- und Dreinadlern eine grosse Menge von Samen oben und unten im enggeschlossenen Zapfenteile unentwickelt.

Der wohl ausgebildete, reife Same löst sich leicht von der Schuppe, in welcher er vertieft ruhte. Man unterscheidet an ihm den Flügel und das feste Korn. Gehen wir nun von den

Pinus-Arten aus, so ist bei solch reifen Samen der Flügel auf der Oberfläche des Samens vielfach geschwunden und man hat nur noch eine Samen umfassende Flügelzange; so bei den Zweinadlern. Je weniger nun der Same entwickelt ist, desto mehr ist er vom Flügel auf seiner Oberfläche noch bedeckt.

Bei einigen Kiefern bleibt ein verhältnismässig grosser Teil der Samen in diesem Zustande, so z. B. bei *Pinus Banksiana* Lamb., *P. contorta* Dougl., *P. Murrayana* Balf., *P. inops* Sol., bei welchen oft viele Samen nur einen Längsriss im samenbedeckenden Flügelteile zeigen. Es kommen aber auch bei diesen immer Körner vor, bei welchen es bis zu deutlicher Zangenbildung des unteren Flügelteiles kam. (Siehe Fig. 5²⁵⁻²⁸).

Betrachten wir z. B. *Pinus Pinea* L. Hier besitzt der reife Same nur noch eine ganz unbedeutende Schuppe und eine das Korn seitlich umfassende Flügelzange. Dieses Flügel-Rudiment ist nicht mehr funktionsfähig. Weniger entwickelte, klein gebliebene Samen haben einen weit längeren und flugfähigen Flügel, welcher das Korn grösstenteils auf seiner Oberfläche bedeckt. Noch kleiner und winzig gebliebene Körner sind vollständig vom Flügel bedeckt und besitzen eine minimale Grösse im Verhältnis zu demselben. (Siehe Fig. 5¹⁻¹⁰).

Schliesslich erkennen wir gar kein Korn mehr und nur noch ein kleines gelbes Flügelschüppchen auf der dunklen Schuppe.

So im unteren und oberen Zapfenteile von *Pinus Pinea* L.

Es ist ähnlich bei den anderen Zweinadlern, nur dass bei diesen der reife und entwickelte Same einen funktionsfähigen

Figuren-Erklärung zu Figur 5 (siehe S. 173).

1—10 *Pinus Pinea* L.; 1 Schuppe mit der Höhlung links, in welcher ein entwickelter Same sass, rechts sitzt noch ein rudimentärer Same mit Flügel. 10 Schuppe mit schwach entwickeltem Samen rechts, auf dessen Oberfläche kein Flügel mehr ist, links ein noch weniger entwickelter Same, von dessen Oberfläche nur wenig Flügelsubstanz fehlt. 2 Geflügelter Same von unten. 3 Geflügelter Same von oben. 4 Flügelzange eines entwickelten Samens. 5 Flügelzange eines weniger entwickelten Samens. 6 und 7 Samenbedeckende Flügel. 8 Zwei Flügel ohne Samen. 9 Flügel mit winzigem, rudimentärem Samen.

11 und 12 *Cedrus*. 11 Rudimentärer Same mit Flügel, der zwei grosse Zerreibungen zeigt; aus dem unteren Zapfenteile. 12 Schuppe mit zwei solchen Samen (stark vergrössert).

13—19 *Pinus excelsa* Wall.

13 Normaler Flügel mit Zange nach künstlicher Entfernung des Samenkornes

14 Unentwickelter Same mit starker Zange und Flügel;

17 Ein ähnlicher Same ohne Flügel, das Samenkorn zeigend;

19 Ein ähnlicher Same;

18 Schuppe mit Flügelschüppchen auf ganz rudimentären Samen; eben solch einer 15. In 16 ist nur noch links, und da nur das Schüppchen entwickelt.

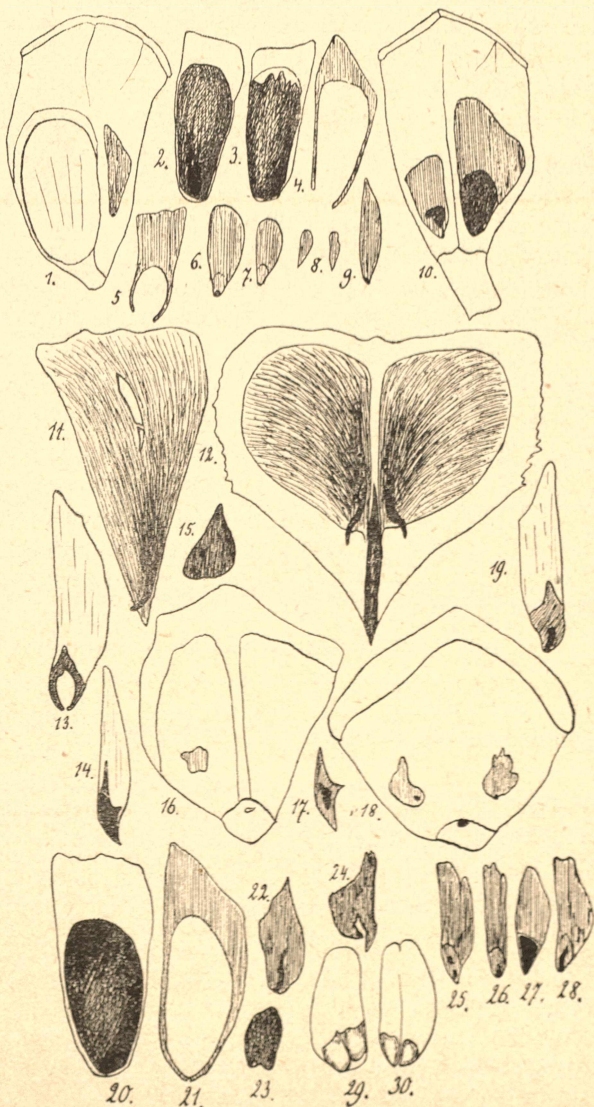
20—24 *Pinus Sabiniana* Dougl.

20 Geflügelter Same, 21 Flügel allein. 22 und 24 Flügel über rudimentären Samen wie 23, nur mit schmalem Spalte.

25—28 *Pinus Banksiana* Lamb.

25, 26, 28 Samen vom Flügel bedeckt, letzterer mit Löchern oder Spalten;

27 derselbe von unten.

29 und 30 *Pseudotsuga Douglasii* Carr. mit Zwillingen-Samen und Flügel.

Flügel besitzt. Die weniger entwickelten Samen werden im Verhältnis zum Flügel immer kleiner und werden von ihm eingeschlossen.

Betrachten wir eine fünfnadelige Föhre, z. B. *Pinus excelsa* Wall. oder *Pinus Strobus* L., so zeigen die ausgewachsenen Körner eine sehr harte Schale, welche von einem äusserst derben, zangenförmigen Flügelteile wie von einer Nut seitlich umschlossen werden. Diese Zange lässt sich kaum unverletzt vom Samen trennen. (Siehe Fig. 5₁₃₋₁₉).

Die Aussenschichte des Kornes, welche als oberflächlicher Flügelteil mit der Zange in Verbindung ist und bei den Zweinadlern sich von dem Korne löst und mit der Zange und dem übrigen Flügelteile trennt, bleibt hier als zarte, glänzende Haut auf dem Korne haften, auch wenn wir gewaltsam die Zange ablösen. Die Unterseite des Kornes ist, soweit nicht der Zangenrand herumreicht, dagegen matt an der ganzen Stelle, wo das Korn mit der Schuppe verwachsen war. Im unteren und auch oberen Zapfenteile werden die Samen nicht entwickelt. Es bildet sich vom ganzen Samen noch am meisten der häutige Flügel aus. (Siehe Fig. 6.)

Unter ihm an Stelle der Zange umfasst den winzig kleinen Samen eine steinharte Scheibe von eigentümlich dreispitziger Form mit verschiedenen Vorsprüngen und Spitzen, welche zum Flügel gehört. Erst unter dieser erkennt man die versteinte Schale des Samens und die Micropyle dieses Integumentes.

Von Interesse sind auch die rudimentären oder nicht entwickelten Samen bei der Zeder (siehe Fig. 5₁₁ u. ₁₂). Bei ihr zerfällt der Zapfen zur Reifezeit ähnlich wie bei den *Abies*-Arten. Es bleibt aber im unteren Teile ein sehr beträchtlicher Teil der Schuppen an der Spindelbasis sitzen. Ebenso bleibt die Zapfenspitze, aus fest miteinander verbundenen und geschlossenen Schuppen bestehend, entweder auf der Rachis sitzen oder fällt in diesem Zustande ab. Hat man einen solchen Zapfen zur Hand, so kann man diesen obersten Zapfenteil von der Spindel Spitze abnehmen, da er nur locker darüber gestülpt sitzt. In diesen beiden Teilen findet man schon bei jugendlichen Zäpfchen

die Samen in zurückgebliebenem Zustande und zwar in allen Stadien bis zum blossen Flügelschüppchen.

Die unentwickelten Samen, welche einen wohlausgebildeten, entsprechend der Schuppengrösse natürlich kleinen Flügel haben, sitzen nicht wie die reifen Samen oder wie die Ovula es ursprünglich thun, an der Basis der Samenschuppe, sondern sind ganz auf deren Fläche etwa um ein Fünftel ihrer Länge hinauf-

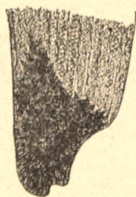
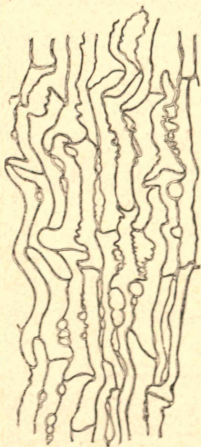


Fig. 6. *Pinus excelsa* Wall.

Oben ein rudimentärer, geflügelter Same mit den beiden Integumentschichten.

Unten ein Stück Flügelepidermis mit zahlreichen Interzellularräumen.



gerückt. Der Same ist gebogen und erscheint schmal cylindrisch mit schmäler, kegeliger Spitze, welche über den häutigen Flügelteil hervorragte und sich von ihm in die Höhe erhebt. Dieser Samentheil ist bedeckt von sehr langgezogenen Zellen, welche direkt in die äusseren Flügelzellen, die dann vielfach gewunden erscheinen, übergehen.

Auf der Unterseite des Flügels in der Umgebung des früher mit der Schuppe verwachsenen Samentheiles haften noch

in Längsreihen kurze Zellen mit netzförmig verdickter Wandung, welche der Schuppe offenbar angehörten.

Der bleistiftförmige und meist gebogene Samenteil, von dem fast nur die Schale ausgebildet ist, schwindet immer mehr, auch seine Schale ist schliesslich nicht mehr zu erkennen, eine kleine Erhebung von einem Zellkegel ist der letzte Rest auf der glatten Flügelfläche, welche selbst viel kleiner geworden ist.

Schliesslich auf den untersten Schuppen findet man nur noch ein winziges, glänzendes und abhebbares Flügelhäutchen und endlich ist auch dieses verschwunden. Untersucht man nun junge Cedernzäpfchen z. B. von der langnadeligen *Cedrus Deodora* Loud, welche ich an Ostern in Bozen sammelte und in Alkohol konservierte, so findet man schon an ihnen dieselbe Erscheinung. Statt des Ovulums findet man hier schliesslich nur noch die langausgezogene Trichter-Mündung, der Trichter wird unscheinbar und endlich findet man keine Differenzierung mehr in Kern und Integument, sondern nur noch eine kegelförmige Erhebung eines kleinen Zellcomplexes ohne Öffnung, mit der Richtung gegen die Schuppenbasis. —

Hier möchte ich anhangsweise erwähnen, dass ich bei der Douglas-Tanne bei eigentümlich kugelförmig ausgebildeten Zapfen auch Schuppen fand, die auf der einen Seite *Zwillings-Ovula* hatten mit einem gemeinsamen Flügel. Wahrscheinlich entstammte dieser Zapfen einer androgynen Blüte, die sich neben rein männlichen und rein weiblichen in grosser Zahl am selben Baume vorfanden (siehe Fig. 5²⁹ u. 30).

Die Farbe der Samenflügel dient oftmals zur Unterscheidung der Samen. Die Flügel der Abietineen werden wie die Zapfen selbst allmählich dunkel. Sie sind zur Reifezeit der Zapfen gleichmässig braun gefärbt oder mit dunkleren Längsstreifen versehen. Diese sind schon bei Flügeln vorhanden, welche sich noch in geschlossenen Zapfen befinden, also vor der Reife. Mikroskopisch zeigt sich, dass die braune

Farbe von einem dunkel gefärbten Inhaltskörper der toten Flügelzellen herrührt. Dieser erfüllt entweder ganz gleichmässig die ganze Zelle und alle Zellen wie z. B. bei *Pinus Lambertiana* Dougl. oder er ist nur in einzelnen Kugeln in den Zellen und oft nur in bestimmten Zellen langer Reihen, während daneben ganze Zellstreifen frei sind und hell erscheinen (vergl. Tafel I, II und III). Dieser Inhaltskörper, welcher gelblich bis braun und oft fast schwarz erscheint, dunkelt sofort in Javelle'scher Lauge bis zur schwarzen Farbe, um dann allmählich zu bleichen und sich zu lösen. Dieses Lösen wird beschleunigt durch eine Mischung der Schulze'schen Macerationsflüssigkeit mit der Javelle'schen Lauge. Im Übrigen ist der Körper aber sehr widerstandsfähig, er verändert sich nicht in kochendem Wasser, Alkohol, Äther, Petroläther, Kalilauge, verdünnten Säuren. Er verändert sich nicht in Alkohol oder Äther bei jahrelanger Einwirkung. Er löst sich in kochender Salpeter-Säure und in Wasserstoff-Superoxyd. Seiner Erscheinung und Färbung, sowie seinem chemischen Verhalten nach scheint er Holzgummi zu sein, ähnlich jenem, welcher bei Wunden und bei der Holzverkernung gebildet wird (vergl. meinen Artikel „Über normale und pathogene Kernbildung bei Holzpflanzen“. Danckelmann's Zeitschrift 1889).

Ich fand denselben kürzlich auch in Samenflügeln von Kiefern in interglacialen Braunkohlen in charakteristischer und unveränderter Form und Farbe.

Die Streifungen durch diesen Zellinhaltskörper zeigen besonders Tafel III. Fig. 4 und 6, ferner auf Tafel I und II die Figuren 3, 7, 10, 11, 12, 13, während er bei den übrigen Objekten vor dem Photographieren entfernt wurde.

II.

Spezieller Teil.

Haben wir uns im Vorhergehenden über die Morphologie, Anatomie und Entwicklung des Abietineen-Samenflügels im Allgemeinen orientiert, so müssen die kleinen Verschiedenheiten und Ergebnisse der Einzel-Untersuchung in einem speziellen Teile über den Flügel der einzelnen Gattungen und ihrer wichtigsten Arten dargestellt werden. Hiebei werden erst manche Beobachtungen ausführlich zur Beschreibung kommen, auf welche sich vielfach die vorangestellten Erörterungen stützen. Es sind deshalb einzelne Arten wie z. B. *Abies pectinata* DC. etwas eingehender behandelt. —

Die Anatomie der Abietineenflügel ist nach Arten entsprechend der äusseren Gestalt verschieden. Bald hat man dünne, sich vom Samen ablösende Flügelplatten, bald dicke Zangen, bald undurchsichtige, bald helle, durchscheinende Flügel mit feinen, violetten, braunen oder schwarzen Längslinien.

Der obere, dünne Flügelteil ist sehr verschieden. Die Zellen sind in einfachen Längsreihen angeordnet, oder diese Reihen bilden gewundene und wellige Linien. Dabei können die Zellwände gerade oder selbst wieder grob- oder feinwellig sein. Eine ganz eigentümliche Erscheinung sind grosse Inter-cellularräume (vergl. Tafel I und II und Fig. 6 und 10), die sowohl in der Epidermis wie in der darunter liegenden Zellschichte vorkommen, wobei die Zellwände die merkwürdigsten Vorsprünge und Zacken gegen einander entwickeln. Dieselben haben verschiedene Grösse, Form und Anordnung. Ferner verdienen die gelb, braun und später schwarz werdenden, gummiartigen Ausscheidungen in den Oberhautzellen der Flügel.

welche die Streifung derselben veranlassen, spezielle Erwähnung. Die Flügelzellen zeigen einfache Tipfel, sind glatt, ohne die Haarbildungen ihrer Umgebung und haben keine Spaltöffnungen. Sie bilden schon zur Blütezeit eine über die übrige Schuppenoberfläche hervorragende Zelllage. Einzelne ihrer Zellen enden frei an Intercellularräumen und sind nach aufwärts gekrümmt.

Abies Lk. Tannen.

Die Flügel der Tannen bedecken zur Reifezeit alle den Samen von oben vollständig, die Unterseite der Samen aber bis auf das oberste Drittel. Der Flügel ist gleichmässig gefärbt, meist braun, doch auch grünlich wie bei *Abies sacchalinensis* Mast., er zeigt aber keine Streifen wie *Pinus*. Die obere Flügelplatte ist mehrzellig, dick und dicht, bei den einzelnen Arten verschieden geformt. Die Samenschale ist reich an Terpinenbeulen. Die Wände der Epidermiszellen sind gerade. Der Flügel ist mit dem Samen fest verwachsen und löst sich normaler Weise nicht von demselben ab.

Abies pectinata D.C. Die Edeltanne blüht im Mai, die Blüte entwickelt sich aus einer nach oben gerichteten Seitenknospe in Mitte des vorjährigen Triebes, so dass der Zapfen trotz seiner Schwere aufrecht stehen bleibt. Die Deckschuppe ist zur Blütezeit gross und sieht zwischen den Samenschuppen hervor.

Die Schuppen sind nur an einer sehr kleinen Stelle in der Zapfenspindel inseriert und lösen sich von dieser zur Reifezeit leicht los, so dass sie mit den Samen von der Rachis abfliegen -- der Zapfen zerfällt --.

Auf der Samenschuppe sitzen symmetrisch zwei Samen mit je einem grossen Flügel. Dieser lässt nur einen schmalen Rand der Samenschuppe frei. An der Innenseite berühren sich die beiden Flügel nicht, sondern sind durch einen Streifen der Schuppe von einander getrennt. Sie zeigen auf dieser Stelle gerade Seiten, welche erst am Flügelende schwach auseinander biegen. Die obere Flügelseite ist ebenfalls gerade abgestutzt und fällt etwas nach aussen ab. An der äusseren Längsseite ist der Flügel dünner und mit weniger regelmässigem Rande.

Der Flügel hat somit eine dreieckige Gestalt. Derselbe bedeckt das Samenkorn auf allen Flächen mit Ausnahme des Teiles, mit welchem dasselbe auf der Samenschuppe und seitlich am kielartig erhabenen Mittelstreifen zwischen den beiden Samen festgewachsen ist.

Da der Same auf der Unterseite weit über den unteren Rand der Fruchtschuppe hervorsieht und hier nur an jenem dem Kiele anliegenden schmalen Schuppenrande angewachsen ist, so ist auch der Flügel auf der Samen-Unterseite ausgebildet.

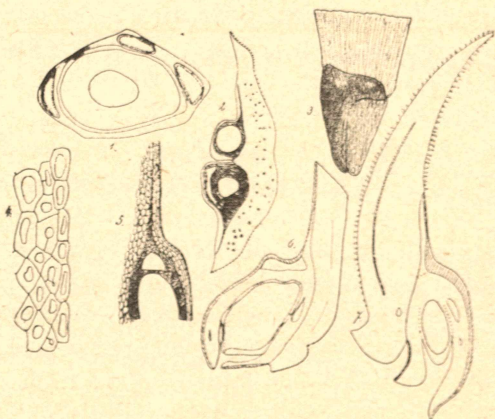
Der reife, von der Schuppe losgelöste Same zeigt somit eine lang dreieckige, flügellose Unterseite, die früher verwachsene Stelle.

Zur Reifezeit zeigt der Flügel ein rundes Loch an der Spitze des Samens, es ist dies die Öffnung der Mikropyle, welche noch zu sehen ist und in dem vom Flügel bedeckten Teile sich befindet (vergl. Fig. 7).

Fig. 7. *Abies pectinata* D.C.

1 Querschnitt durch den Tannensamen. Das Integument enthält drei Harzbeulen. Es folgt hierauf der Kern und ein Raum, in dem der Embryo war.

2 Querschnitt durch eine Blütenschuppe der Tanne mit zwei Ovulis, deren schraffiert gezeichnetes Integument weit unter dem Flügel auf den Samenschuppen sich ausbreitet.



3 Geflügelter Tannensame von der Unterseite. Der Flügel ist in der Mitte abgeschnitten.

4 Querschnitt durch einen Tannenflügel (rechts Aussenseite).

5 Längsschnitt durch die Basis eines Ovulums. Das dunkel gehaltene Integument zieht weit unter dem Flügel auf der Samenschuppe hin.

6 und 7 Längsschnitte durch eine Tannenschuppe mit Ovulum. Ausserhalb des Flügels beginnt bei 7 die Haarbildung.

Die Samenschale ist weich und mit grossen Terpentinschuppen besetzt, welche sich zwischen den Fingern aufdrücken lassen. Diese Schuppen befinden sich nicht nur auf der vom Flügel bedeckten Ober- und Unterseite, sondern auch auf der mit der Schuppe ursprünglich verwachsenen und jetzt flügel-freien Seite (vergl. Fig. 7).

Zur Blütezeit der Tanne ist der Flügel auf der Innenfläche der Samenschuppe schon deutlich zu erkennen. Er ist glatt und glänzend im Gegensatze zur übrigen Oberfläche der Samenschuppe.

Er bedeckt bereits ganz wie später die Samenoberfläche bis auf die Micropyle und die Unterseite auf der ganzen, nicht verwachsenen Fläche.

Ein mikroskopischer Längsschnitt (vergl. Fig. 7) zeigt, dass die Oberfläche der Samenschuppe mit kurzen, vorne abgerundeten, ein- bis zweizelligen Haaren bedeckt ist. Dieselben haben offenbar die Aufgabe, beim Schliessen der Schuppen nach der Bestäubung eine Rolle zu spielen. Auch auf der Unterseite trägt die Samenschuppe dieselben Haare.

Der Flügel ist von denselben frei, wenn auch seine äussersten Randzellen, nicht scharf von der Oberfläche der übrigen Schuppe sich trennend, einen schwachen Übergang zeigen durch einige mit Haaren versehene Zellen.

Das Integument biegt trichterförmig bei der Micropyle aus und ist nach aussen von der Schuppe weg gebogen.

Am 12. Juli untersuchte ich junge Zapfen.

Samenschuppe, Flügel und Samen waren bedeutend gewachsen. Der Flügel zeigt eine dünne Epidermis mit dicken Wänden und grossen Zellkernen, die Zellen sind, besonders wo der Flügel den Samen deckt, mehr isodiametrisch, weiter oben dagegen langgestreckt. Unter dieser Zellreihe liegt eine Schichte von Zellen, deren Dickwandigkeit von aussen nach innen abnimmt.

Ein grosses Dreieck rundlicher Zellen wird an der Samenbasis gebildet (vergl. Fig. 7). Hier befindet sich auch meist eine grosse Harzlücke in der Samenschale. Diese weitlumigen, grossen Zellen enthalten wie die Zellen der Schuppe reichlich

Stärkekörner, welche den Zellen der Samenschale fehlen. Diese letzteren, jetzt noch dünnwandig, haben einen grossen Zellkern. Sie sind klein, rundlich und bilden ein dichtes Gewebe. Dieses umgiebt nicht nur den Kern, sondern es läuft ähnlich dem Flügel noch weit auf der Fruchtschuppe hinauf, allmählich wie der Flügel immer schwächer werdend, so dass es auf dem Längsschnitte ein Dreieck unterhalb des Samens bildend, unter dem Flügel sich erstreckt und diesen von dem Gewebe der Schuppe trennt. Bei schwacher (Loupen-) Vergrösserung fällt dieses Gewebe durch seine weisse Farbe auf. Bei einem Querschnitte zieht es ebenfalls weit unter dem Flügel hin und zeigt sich auch hier als ein langes Dreieck (vergl. Fig. 7).

Das mikroskopische Bild des Samenflügels von *Abies pectinata* D.C. zeigt, dass die Flügel auch im obersten, dünnsten Teile noch aus mehreren Zellschichten bestehen. Die Epidermiszellen schliessen lückenlos aneinander und sind untereinander und mit den zunächst unter ihnen liegenden Zellen mit einfachen Tipfeln verbunden. Die Wände der Zellen laufen gerade, ohne wellige Verbiegungen und sind dick.

Die darunter liegende Zellschichte besteht aus sehr langen, weitleumigen Zellen, welche mit eigentümlichen Vorsprüngen und Spitzen sich berühren und riesige Interzellularräume zwischen sich lassen, eine Eigentümlichkeit, die sich auch bei den anderen Abietineenflügeln wiederfindet. Dieselben enden häufig blind, das heisst, ohne an eine andere in derselben Ebene liegende Zelle anzustossen. Ebenso berühren sich sehr häufig die gegen einander vorspringenden Spitzen und Hacken nicht mehr. Ihre Wände sind glatt und tipfellos.

Einzelne der äussersten Zellen des obersten Flügelrandes besitzen lange, mehrzellige, dickwandige Haare. Spaltöffnungen besitzt der Flügel nicht.

Der Flügel von *Abies Webbiana* Lindl. ist viel zarter und dünner und zeigt keine so stark verdickten Epidermiszellwände. Dieselben machen einen regelmässigeren Eindruck. Die darunter liegenden Zellen bilden die Interzellularräume wie bei *Abies pectinata* D.C. (vergl. Tafel II. 20).

Auch die Flügel anderer Tannenarten zeigen grosse Übereinstimmung sowohl in Bezug auf die äussere Gestalt als die dichte Struktur im mikroskopischen Bilde. Entsprechend der Schuppenform wechselt die äussere Gestalt natürlich sowohl im selben Zapfen als auch nach der Art, so sind z. B. sehr auffällig die schmalen und fast rechtwinklig umbiegenden Flügel von *Abies Veitchi* Carr.

Die Gattung *Keteleeria* Carr. verhält sich ganz ähnlich wie *Abies*, nur dass die Zapfenschuppen an der Spindel bleiben

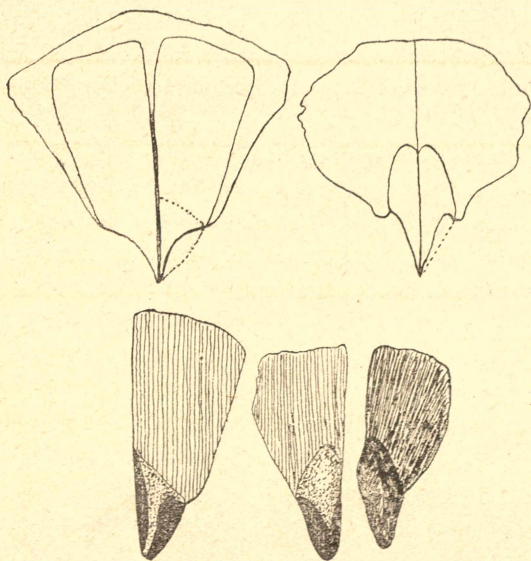


Fig. 8.

Links Schuppe und darunter Same von *Abies pectinata* D.C. Letzterer von der Unterseite; rechts Schuppe von *Keteleeria Fortunei* Carr.

Oben die Schuppe, darunter links der Same von der Unterseite, unten rechts derselbe von der Oberseite. Die vom Flügel nicht bedeckten, mit der Schuppe früher verwachsenen Teile sind punktiert. Die punktierten Linien an den Schuppen zeigen die Stelle, an welcher das Samenkorn sass.

und nicht zur Reifezeit von derselben abfallen. Die Flügel sind jedenfalls in der Jugend ebenso wie bei allen anderen Abietineen mit der Schuppe verwachsen. Wenn sie in reifen Zapfen über die Schuppen herausragen, was Beissner (Handbuch der Coniferenkunde) wiederholt als charakteristisch hervorhebt, so ist dies durch das stärkere Schwinden der Schuppen zu erklären und tritt nur an getrockneten Zapfen auf.

Der Same ist mehr schmal und langgestreckt wie bei *Abies*, der Flügel nicht so breit abgestutzt wie dort. Der

flügelfreie Fleck ist kleiner und ragt weniger weit gegen die Samenspitze herab.

Tsuga Carr. Hemlocks-Tannen.

Der im Verhältnis zum Samen grosse Flügel ist mit dem Samen fest verwachsen, bedeckt die obere Samenseite und den untersten Samenrand und einen Teil der Seite des Samens ähnlich wie bei *Abies*. Die vom Flügel bedeckte Seite ist braunglänzend, die untere, unbedeckte matt, einfarbig braun. Der Same selbst ist weich, ähnlich Tannen- und Cedern-Samen. Die Samenschale ist harzreich, der Same sehr klein.

Tsuga canadensis Carr. Same $1\frac{1}{2}$ mm lang, dreieckig, die längste Seite an der Innenkante des Flügels, Flügel ca. 7 mm lang, sehr zart, hellbraun, oben abgerundet, am Samenende nach aussen stark ausgebaucht. Der Same wird ähnlich wie Tannensame, aber nicht so weit wie dieser, auch seitlich etwas vom Flügel bedeckt. Der Same steht auch seiner Weichheit und harzigen Beschaffenheit der Samenschale wegen der Tanne näher wie der Lärche und Douglastanne. —

Die Epidermiszellen verlaufen in geraden Reihen. Die Zellwände sind gerade, ohne wellige Biegungen, die Querwände wenig schief. Die Zellwände sind sehr dünn und unter sich und nach unten mit zahlreichen einfachen Tipfeln verbunden. Die darunter liegenden Zellen sind überaus zartwandig (vergl. Taf. II. 16). Bei jungen Ovulis ist das Ende des Flügels auf der Schuppe noch nicht durch Papillenbildung gekennzeichnet, da diese erst gegen die Spitze der Samenschuppe beginnt. Der Samenflügel von *Tsuga Sieboldii* Carr. ist dem der *Tsuga canadensis* Carr. sehr ähnlich.

Pseudotsuga Carr. Douglas-Tannen.

Der Flügel ist gross, mit dem Samen untrennbar verwachsen, er bedeckt zur Reifezeit den Samen ganz von oben und den untersten Rand der Samen-Unterseite kappenartig.

Pseudotsuga Douglasii Carr. Der Flügel mit den oben geschilderten, allgemeinen Merkmalen ist oberseits glänzend, an der Spitze abgerundet, an der Innenkante gerade,

mit der grössten Breite in der Mitte (5—6 mm), er erreicht im Ganzen eine Länge von 14—15 mm und ist gleichmässig braun gefärbt, ohne Streifen. Ähnlich den Tannenflügeln besteht er aus mehreren Zelllagen und ist daher ziemlich dicht. —

Die Wände der Epidermiszellen sind derb und gerade, die Querwände nur wenig schräg gestellt, das Lumen ziemlich weit. Die Epidermiszellen besitzen einfache Tipfel zur Verbindung unter einander und mit den darunter liegenden Zellen. Sie haben naturgemäss eine derbere und resistendere Wand wie die darunter liegenden Zellen und zeigen keine Neigung zur Bildung von Intercellularräumen, vielmehr ist ihre Membran überall gleichmässig dick. Die darunter befindlichen Zellen besitzen grosse, einfache Tipfel und stellenweise gleichmässig dicke Wände, an anderen Teilen ist aber ihre Membran sehr bedeutend in die Breite gedehnt und zeigt an beiden Rändern scharfe Conturen gegenüber dem zarten, gedehnten Zwischenstück. Es scheint aber auch hier nicht zur Bildung von Inter-cellularräumen zu kommen (vergl. Taf. II. 17).

Am dickeren Flügelteile liegt noch eine ganz zartwandige Zellschicht unten. An der Grenze des freien Flügelteiles und des Teiles, welcher den Samen bedeckt, sowie auf diesem letzteren Teil sind einzelne Epidermiszellen in lange, einfache, dickwandige und nach aussen (d. h. nicht gegen die Zapfenachse) gewendete Haare ausgewachsen, was bei keinem anderen Samen vorkommt.

Picea Link. Fichten.

Die Samen der Fichten sind sämtlich geflügelt und zwar in sehr charakteristischer und übereinstimmender Weise. Der Flügel bedeckt das Samenkorn nicht nur zur Blütezeit, sondern auch noch bei der Reife vollständig von oben wie ein Löffel. Da das Ovulum nach unten nicht frei ist wie bei anderen Abietineen-Gattungen, so wird die Spitze des Samenkornes auch nicht vom Flügel kappenartig eingeschlossen. Der Flügel greift auch nicht zangenförmig um das Korn, weil er zu weit mit der Schuppe verwachsen ist, sondern bedeckt nur

seine Oberfläche und die nach der Mittellinie der Schuppe gerichtete Längskante des Samens.

Die Flügel sind bei den meisten Arten breit, oben oftmals abgerundet, mit der grössten Breite im oberen Drittel. Zur Reifezeit löst sich bei allen Arten der Flügel leicht vom Samenkorne und unterscheidet sich somit von *Larix*, *Abies*, *Cedrus*, *Tsuga*, *Keteleeria*, *Pseudotsuga* und vielen *Pinus*-Arten.

Bei unserer Fichte *Picea excelsa* Lk. findet man zur Blütezeit und bei jungen Zapfen den Flügel das Korn überziehend. (Vergl. Taf. III.) ¹⁾ Das Dreieck an der Samenbasis ist nicht so gross und ausgebildet wie bei *Abies*. Der innere Integumentteil zieht auch hier noch etwas weiter auf der Schuppe unter dem Flügel hinauf. Wie bei *Abies* ist der Flügel frei von Papillen, welche ausserhalb desselben die Schuppe bedecken. Die Zellen des Flügels enthalten noch bei jungen Zapfen (9. Juni) einen sehr grossen Zellkern in jeder Zelle (vergl. Tafel II. 18) und reichliche Mengen von Stärkekörnern, die besonders massenhaft in der inneren Integumentschichte, aber auch sonst in den Zellen der Samenschuppe sich finden.

Mikroskopisch besehen (vergl. Tafel III) laufen die Zellen in denselben Längsreihen direkt von dem freien Flügelteile in den Teil, welcher den Samen bedeckt, und sind an der Übergangsstelle nur etwas kürzer und nach oben ausbiegend.

Die Epidermiszellen laufen in geraden Reihen, ohne Biegungen zu machen. Sie haben zahlreiche, einfache Tipfel und entbehren der Interzellularräume, sie bilden am äussersten Rande den Flügel allein, dann folgen unter ihnen zartwandige, isolirte Zellen, dann ein ähnlich wie sie selbst ausgebildetes Parenchym, welches gegen den unteren und samenbedeckenden Flügelteil noch kräftiger wird (vergl. Tafel II. 19).

***Larix* Lk. Lärchen.**

Der grosse Flügel ist mit dem Samen verwachsen, bedeckt die obere Seite ganz, von der unteren Seite nur die unterste

¹⁾ Der Riss im unteren Flügelteile ist nachträglich beim Photographieren entstanden.

Spitze. Die unbedeckte Samenseite ist ohne scharfe Zeichnung, ziemlich einfarbig, gelblichbraun und matt, der mit dem Flügel bedeckte Samenteil glänzend. Die Samenschale ist hart und ohne Harzlücken. Der Flügel ist ganzrandig, oben abgerundet und hat die grösste Breite in der Mitte, ist auch oft mit feinen dunkeln Linien versehen. Die Mikropyle befindet sich als Durchbrechung im Flügelteile (vergl. auch die Abbildung bei Richard: Coniferen und Cycadeen Taf. 13).

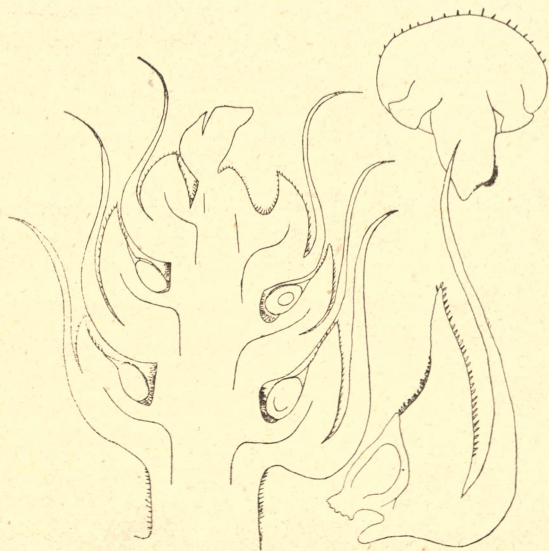


Fig. 9.

Larix europaea
D.C.

Längsschnitt durch
eine weibliche Blüte
und rechts durch eine
einzelne Schuppe mit
Ovulum. Rechts oben
eine Samenschuppe mit
2 Eiknospen.

Larix europaea D.C. Der Same ist rundlich mit drei fast gleichen Seiten, oben abgerundet, 4–5 mm lang. Der Flügel bedeckt die untere Samenspitze wie mit einer Kappe, seine innere Seite ist gerade, die äussere gewölbt; er endet in allmählicher Abrundung, so dass die grösste Breite (ca. 5 mm) nicht tief unter die Mitte zu liegen kommt. Der ganze Flügel ist 13 mm lang. — Ganz ähnlich ist der Flügel bei *Larix leptolepis* Gord. —

Der Lärchenflügel ist sehr dicht, die Zellwände sind glatt, die Querwände ziemlich gerade. Nur am äussersten Rande

wird er durchsichtig. Vollständig durchbrechende Interzellularräume wurden nicht beobachtet. Die Tüpfel sind nicht häufig und mehr in den Zellen des unteren, dickeren Teiles zu finden. Unter den Epidermiszellen, welche in geraden Reihen verlaufen, liegen ganz ebenso gestaltete, aber wesentlich dünnwandigere Zellen, welche keine Tüpfel-Verbindung untereinander zeigen. (Vergl. Taf. II. 15.) Eine Haarbekleidung wie bei der Douglas-tanne konnte an keinem Flügelteile gefunden werden.

Zur Blütezeit erhebt sich schon das Ovulum der Lärche im vorderen Teile etwas frei von der noch sehr kleinen Samenschuppe und zeigt einen sehr wenig ausgebildeten, ungelappten Mund. Es ragt noch wenig auf der Schuppe hinauf und ist in diesem Teile wie überhaupt auf seiner ganzen Oberfläche völlig glatt.

Cedrus Lk. Zedern.

Der sehr grosse Flügel ist mit dem Samen fest verwachsen und bedeckt die obere (hiedurch glänzende) Seite. Die unbedeckte Seite, die mit der Samenschuppe verwachsen war, ist matt. Der Flügel bedeckt von der Samen-Unterseite nur einen ganz schmalen Rand. Der Zedernsame ist langgestreckt und weich, mit zahlreichen Harzlücken in der Samenschale. (Vergl. Taf. II. 14.) —

Der Flügel wird besonders gegen den Rand dünn, zart und spröde und zeigt hier zumal bei weniger entwickelten Samen zahlreiche, rundliche Durchbrechungen (vergl. Taf. II. 14). Die Wände der Epidermiszellen sind gerade, die Querwände wenig schief stehend. Die Zellreihen biegen gegen den dünnen Rand bogig aus und es zerbricht der Flügel daher auch leicht solchen Curven nach. Er besitzt keine so scharf markierten, dunklen Linien wie viele Pinus-Arten, doch werden dunklere Längsstreifungen dadurch gebildet, dass dickwandige, lange Zellen einzeln oder zu mehreren in Längsreihen unter der Epidermis liegen, während die übrigen, darunter befindlichen Zellen durchscheinend und dünnwandiger sind. Dieselben bilden viele Interzellularräume. Wo nun die Epidermiszellen ebenfalls auseinander gewichen sind, entstehen völlige Durchbrechungen, zu welchen alle Übergänge der gedehnten Membran vorhanden

sind. Auch ist oft hautförmig ein Teil der Membran oder der Cuticula über der Öffnung erhalten. (Vergl. Fig. 10₃.) Die Epidermiszellen haben einfache Tipfelung. Sie werden an dem den Samen bedeckenden Teile lang spießförmig.

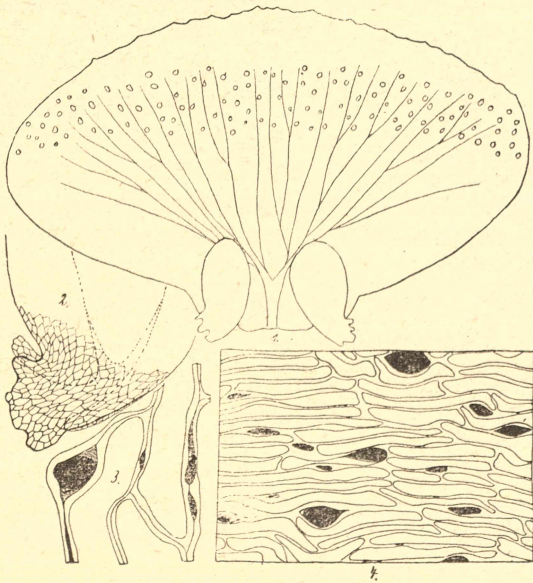


Fig. 10.

- 1 Samenschuppe von Cedrus.
- 2 Mikropyle mit Integument-Mündung.
- 3 Bildung von Interzellarräumen.
- 4 Flügelepidermis.

Pinus L. Kiefern.

Die Föhren sind die einzige Gattung der Abietineen, bei welchen einige Arten kein flugfähiges Organ besitzen. Dies ist, wie schon ausgeführt, bei den ganz grossen und schweren Samen der Fall. Solche Samen mit rudimentärer, nicht mehr funktionsfähiger Flügelbildung kommen vor bei Section Pinaster (*P. Pinea* L.); Section Taeda (*P. Sabiniana* Dougl., *P. Torreyana* Parry, *P. edulis* Engelm, *P. monophylla* Torr. et Trem., *P. Parryana* Engelm); bei Section Cembra bei allen ausser *P. Balfouriana* Jeffr. (also bei *P. Cembra* L., *reflexa*, *flexilis* Engelm; *Koraiensis* Sieb et Zucc, *albicaulis* Engelm, *parviflora* S. et Z.); gar nicht bei Section Strobis.

Dagegen sind die Föhrensamen wie alle Abietineensamen in der Jugend vom Flügel bedeckt. Dieser den Samen be-

deckende Flügelteil ist an den seitlichen Längskanten zu einer Zange verdickt. Beim weiteren Wachstum wird der auf der gewölbten, oberflächlichen Samenseite befindliche Teil in der Regel zerrissen, so dass nur allein die Zange übrig bleibt, so bei den meisten Spezies der Section *Pinaster*, *Taeda*, *Cembra*; bei nicht entwickelten Samen im obersten und untersten Zapfenteile bleibt dieser Teil dagegen unzerissen erhalten. Besonders viele Samen mit solch kaum oder wenig, oft nur spaltenförmig zerrissenen Teile finden sich bei *P. Banksiana* Lamb., *contorta* Dougl., *Murrayana* Balf., *inops* Sol. (wohl auch *Chihuahuana* Engelm). Je grösser und ausgebildeter das Samenkorn bei diesen Kiefern ist, desto mehr kommt es zur Zerreißung bis zur Zange.

Während sich die Flügel in der Regel bei Section *Pinaster* und *Taeda* leicht vom Samen lösen, ist die Zange fester am Samen bei Section *Cembra* und *Strobus*. Bei letzterer, wo wir immer ein ausgebildetes Flugorgan haben, ist dieses mit dem Samenkorn fest verbunden. Der den Samen bedeckende und schliesslich breit zangenförmige Flügelteil ist sehr stark ausgebildet, hält das Korn wie in einer Nut und bleibt mit ihm stets verwachsen, ebenso bleiben die die Samenoberfläche bedeckenden Flügelteile an ihr haften und bilden meist eine noch zusammenhängende und glänzende Schichte. Löst man gewaltsam den Flügel samt Zange vom Samen, so reisst er von dieser zarten Schichte ab.

Diese Verhältnisse sollen an einigen Beispielen, welche jeder der vier Sectionen der Gattung *Pinus* entnommen sind, näher gezeigt werden.

Von den Samen mit nicht funktionsfähigem Flügel seien von den Zweinadlern *Pinus Pinea* L., von den Fünfnadlern *Pinus Cembra* L. den deutlich geflügelten Samen vorangestellt.

Pinus Pinea L. (Sect. *Pinaster*). Same grosse, mehrflächige, dick- und hartschalige Nüsschen, 20—22 mm lang, 7—9 mm breit, matt zimmtbraun mit schwarzvioletter Hauche überzogen, welcher mit dem Finger leicht abgerieben werden kann. Flügel bei ausgebildeten reifen Samen rudimentär, als Zange das Korn umgebend, oben ein 5 mm breiter Rand,

abstehend, gelbbraun, schwach glänzend. Gesamtlänge des Flügels 25 mm. Bei weniger entwickelten Samen ist die obere Schuppe des Flügels noch bedeutend grösser (vergl. Fig. 5).

Bei nicht entwickelten Samen, wie sich solche im obersten und untersten Zapfenteile auf kleinen Schuppen finden, bedeckt

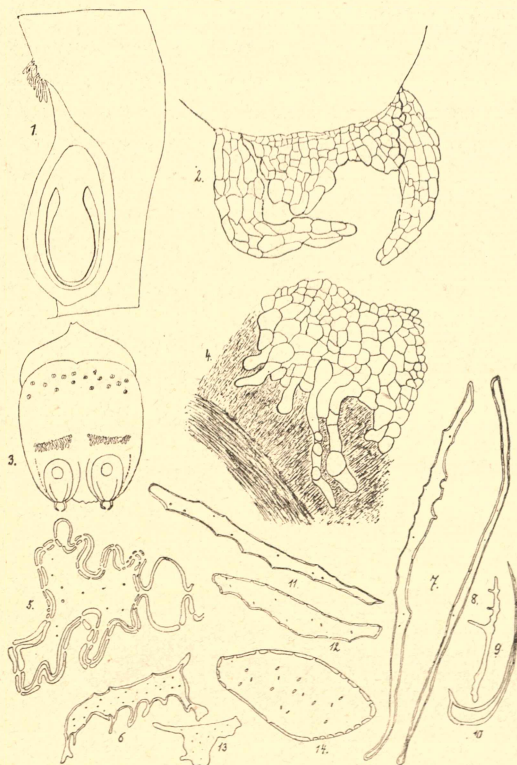


Fig. 11. *Pinus Pinea* L.

1 Längsschnitt durch eine junge Samenschuppe samt Ovulum. An der Flügelgrenze ein Büschel langer Haare. Aufwärts von ihm sind die Schuppen durch Haare (welche hier nicht gezeichnet sind) bereits mit einander verwachsen.

2 Integumentmündung von oben.

3 Samenschuppe mit zwei Ovulis und den angeführten Haarbüscheln, die Haare zwischen diesen und den Spaltöffnungen im oberen Schuppenteile sind nicht gezeichnet, da sie schon mit der darauf liegenden Schuppe verwachsen waren.

4 Ein Teil des Haarbüschels vergrößert.

5—14 Flügelzellen, 5 und 6 aus der Epidermis, 7—14 aus der unteren Schichte.

der Flügel, der als gelbliches Dreieck auf der Schuppe liegt, das Samenkorn vollständig von oben.

Der Flügel hat seine stärkste Dicke am oberen, die Samenbasis umfassenden Rande. (Vergl. Fig. 11.)

Die mikroskopische Betrachtung der Flügel-Epidermis zeigt, dass die Zellen hier sich berühren und durch einfache

Tipfel miteinander und mit den darunter liegenden Zellen verbunden sind. Die ganzen Zellen sind in eigentümlicher Weise gekrümmt und gebogen. Ebenso sind die Zellwände grobwellig. Fast nirgends liegen diese dicht aneinander, sondern sie haben sich in der Mitte von einander getrennt, bald einen schmalen Spalt, bald eine grosse Öffnung zwischen sich lassend. Die darunter liegenden, zartwandigeren Zellen, welche fast isoliert liegen und langgestreckt sind mit verschiedengestalteten Vorsprüngen, ragen oft unter solcher Öffnung der Epidermis mit spiess- oder hornartigen Enden hervor.

Diese zweite Zelllage hat weniger gewellte Wände; diese sind vielmehr auf grosse Strecken gerade, um dann grosse Vorsprünge zu machen (vergl. Taf. II). Während die Epidermiszellen kleine, runde Tipfel haben, zeigen diese Zellen grössere, ovale. Die unter ihnen befindlichen Zellen sind vielfach ähnlich gestaltet, aber sehr zartwandig. Wo solche Interzellularräume der verschiedenen Zellschichten aufeinander kommen, gibt es Durchbrechungen des ganzen Flügels. Dieselben finden sich bei den verschiedenen Arten, aber in sehr verschiedener Menge und Anordnung. Ganz ähnlich verhält sich die dreinadelige *P. Sabiniana* und *P. Torreyana* (vergl. Fig. 5).

Bei *Pinus Cembra* (Sect. *Cembra*) und ihren Verwandten findet man ein zartes aber breites Band zangenförmig um das Samenkorn. Man kann dasselbe künstlich entfernen. Häufig überzieht dasselbe noch die ganze Samenoberseite bis auf ein kleines Fleckchen (vergl. Fig. 3).

Von der Section *Strobus* wollen wir *P. excelsa* und *P. Strobus* kurz betrachten.

P. excelsa Wall. Der Same ist 7—8 mm lang, beiderseits braun, unterseits matt, dunkelbraun marmoriert. Die vom Flügel bedeckte Oberseite ist glänzend. Der 30 - 40 mm lange Flügel ist schwach längsgestreift und umfasst den Samen mit stark verdickter Zange.

Beim nahezu reifen Samen (Sept.) besteht die Samenschale aus ziemlich isodiametrischen, englumigen Zellen, deren ausserordentlich verdickte und geschichtete Wände durch zahlreiche feine Tipfelkanäle durchzogen sind. Die Zange besteht aus

weitlumigen Zellen mit einfachen Tipfeln. Dieselben erreichen die grössten Dimensionen in dem oft erwähnten Dreiecke an der Samenbasis. Im weiteren Verlaufe enden dieselben, so dass nur der dünne, 2—3 Zellen hohe Flügel übrig bleibt.

Betrachtet man diesen mikroskopisch von der Fläche, so besteht er aus langgestreckten Epidermiszellen, welche vielfach gewunden erscheinen und welche durch einfache Tipfel ver-

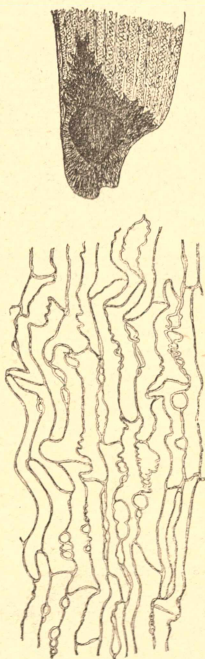


Fig. 12. *Pinus excelsa* Wall.

Oben ein rudimentärer Same mit Flügel, die äussere, flammig endende und die runde, hartschalige innere Integumentschichte deutlich zeigend.

Unten ein Stück des Flügels mit zahlreichen, den Flügel gänzlich durchbrechenden Intercellularräumen.

bunden sind. Ein Teil derselben und zwar ganze Längsbänder von Zellen haben braunen Inhalt und veranlassen die für das unbewaffnete Auge deutlichen, braunen Längsstreifen.

Gegen den Flügelrand findet man intercelluläre Lücken, welche als flügeldurchbrechende Löcher erscheinen (vgl. Fig. 12).

In der Zellschichte unter der Epidermis sind dieselben äusserst zahlreich, indem die Zellen dort mit mannigfachen Hacken und Vorsprüngen aneinander stossen. Im Gegensatze

zu manch' anderen Flügelepidermiszellen sind die Zellwände vollständig glatt und gerade d. h. ohne kurze Wellen, dagegen sind, wie schon bemerkt, die ganzen Zellen vielfach gewunden.

Pinus Strobis Engelm. ist ganz nach dem Typus von *P. excelsa* und *P. Peuce* gebaut; in allen Teilen kleiner, ist auch der Flügel kleiner und die Zange schwächer. Auch das mikroskopische Bild ist ein ähnliches wie Fig. 12 Taf. II zeigt.

Von den Dreinadlern wollen wir *Pinus rigida* Mill., *P. Jeffreyi* Murr. und *P. ponderosa* Dougl. betrachten.

P. Jeffreyi Murr. ist eine Kiefer, welche einen sehr grossen, geflügelten und flugfähigen Samen besitzt. Derselbe ist ca. 13 mm lang und 9 mm breit mit einem ca. 30 - 35 mm langen Flügel. Die Samen-Oberseite ist einfarbig, glänzend, die Unterseite dagegen matt und marmoriert. Die Oberhautzellen des Flügels sind sehr weitlumig und haben gerade Wände mit einfachen Töpfeln. Darunter liegen Zellen, welche durch die weitlumige Epidermis sehr schön zu sehen sind. Dieselben bilden riesige Interzellularräume und sind teilweise ganz isoliert, oft sehr lang und durch seitliche, spießförmige Vorsprünge mancherlei gestaltet. Sie haben runde und schräge Töpfe und zum Teil leiter- und netzförmig verdickte Wände. Gross und derb sind die basalen Flügelzellen des bekannten Dreieckes, welche frei enden.

Bei *Pinus ponderosa* Dougl. ist der Same auf beiden Seiten fast gleichfarbig, matt, braun, deutlich schwarz marmoriert, 8—9 mm lang und von einem grossen Flügel zangenförmig umfasst. Der Flügel zeigt dunkle Längsstreifen. Die Epidermiszellen haben gerade, gegen die Flügelmitte kurzgewellte Wände, welche da, wo sie gewellt sind, bereits auseinanderweichend kleine Interzellularräume bilden. Die darunter liegenden Zellen, vielfach isoliert, mit einfachen Töpfeln, haben grossenteils ebenfalls dunkeln Inhalt und treten dadurch deutlich hervor.

Bei *Pinus rigida* Mill. ist der Same tiefschwarz mit einzelnen körnigen Erhebungen, matt oder schwach glänzend, in frischem Zustande grau und rot punktiert, scharf dreieckig, bis 5 mm lang. Er ist deutlich geflügelt und vom Flügel

zangenförmig umfasst. Der Flügel ist 18—20 mm lang, braun und oftmals gestreift. Die Epidermiszellwände erscheinen gleichmässig feinwellig.

Von den Zweinadlern habe ich *Pinus silvestris* L., *montana* Mill., *Laricio* Poir, *Pinaster* Sol., *Pinca* L., *halepensis* Mill., *resinosa* Sol., *massoniana* Lamb., *Banksiana* Lamb., *pungens* Mchx., *Murrayana* Balf., *Merkusii* Jungh et. de Vr. untersucht.

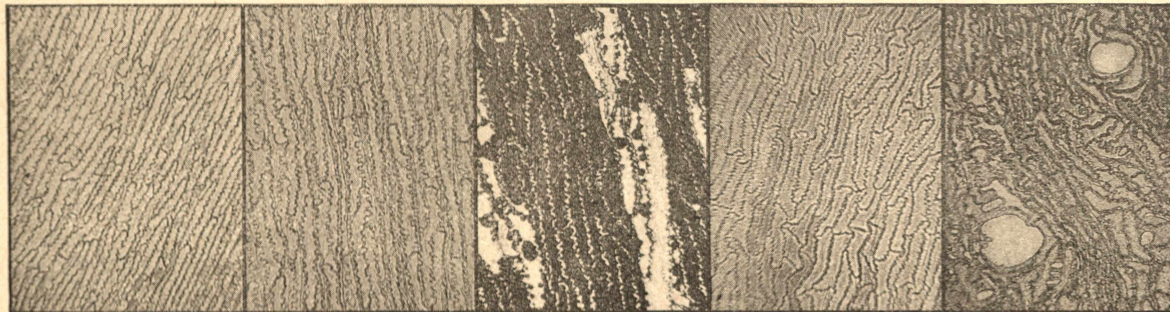
Von diesen zeigen *P. silvestris*, *montana*, *Laricio*, *resinosa*, *halepensis* und *Pinaster* grosse Ähnlichkeit darin, dass bei ihnen die Epidermiszellwände der Flügel feinwellig sind und hierin auch an *P. rigida* erinnern. Auch bei ihnen kommen Inter-cellularräume schon in der Epidermis vor. Eine gewisse Ähnlichkeit haben *P. pungens* Mchx. und *Murrayana* mit feineren Epidermiszellwänden und noch unscheinbarer Kleinwelligkeit und feinen Tipfeln. Bei *P. pungens* sind die unter der Epidermis liegenden Zellen an der Flügelspitze netzförmig verdickt.

Bei *P. Banksiana* sind die Epidermiszellwände ebenfalls kleinwellig, Inter-cellularräume häufig, der Flügel bei vielen Körnern auch da teilweise erhalten, wo er das Korn bedeckt.

P. Merkusii und *massoniana* mit zarten Zellwänden der Epidermis haben wieder grosse Ähnlichkeit mit einander, *Merkusii* hat aber nur ganz flache und niedere Wellen der Epidermiszellwände.

Bei *Pinus silvestris*, *montana*, *Laricio* etc. ist der Same klein, der Flügel gross und flugfähig und umfasst zur Reifezeit das Korn zangenförmig. Zur Blütezeit ist das Dreieck weitlumiger, grosser Zellen an der Samenbasis schon sehr gross ausgebildet und durch Maceration sind die Zellen desselben gut isolierbar.

Bezüglich der Beschreibung einzelner Samen verweise ich auf meine „Samen, Früchte und Keimlinge forstlicher Kulturpflanzen“, bezüglich mikroskopischer Darstellung der Samenflügel auf die beigegebenen Tafeln I und II, auf welchen die Figuren 1, 5, 8, 10, 11, 12, 13, 19 mit System 3 von Leitz, die übrigen mit System 4 und dem gleichen Oculare photographiert sind.



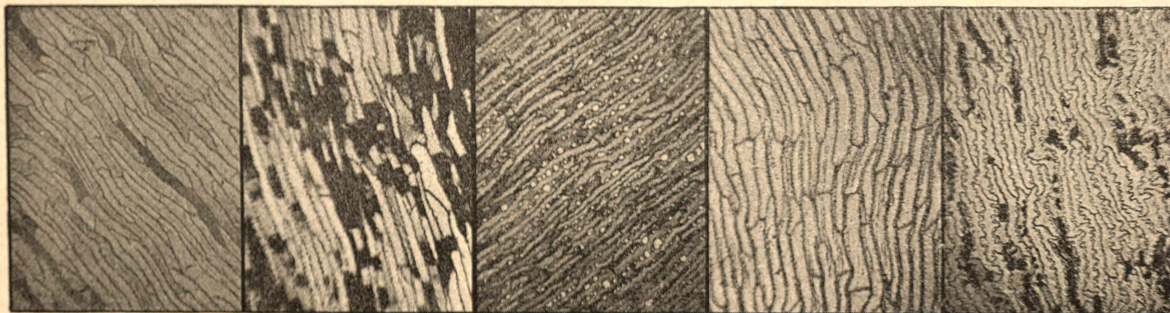
1. Pinus silvestris.

2. Pinus Pinaster.

3. Pinus Pinaster.

4. Pinus resinosa.

5. Pinus Pinea.



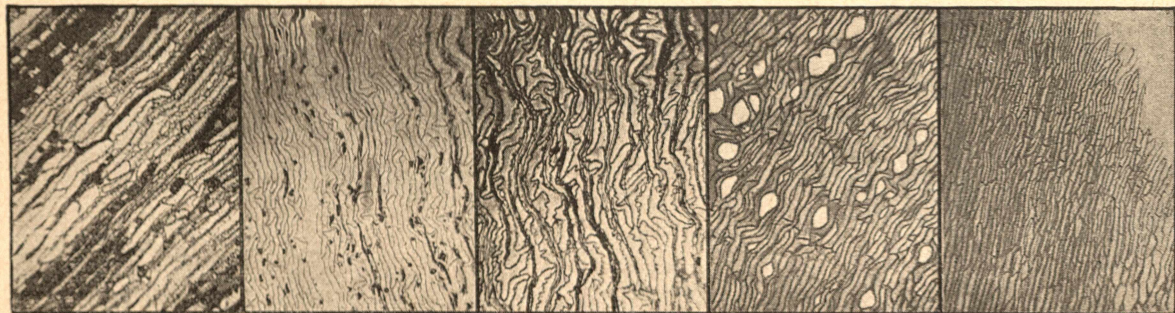
6. Pinus Murrayana.

7. Pinus pungens.

8. Pinus Banksiana.

9. Pinus Jeffreyi.

10. Pinus rigida.



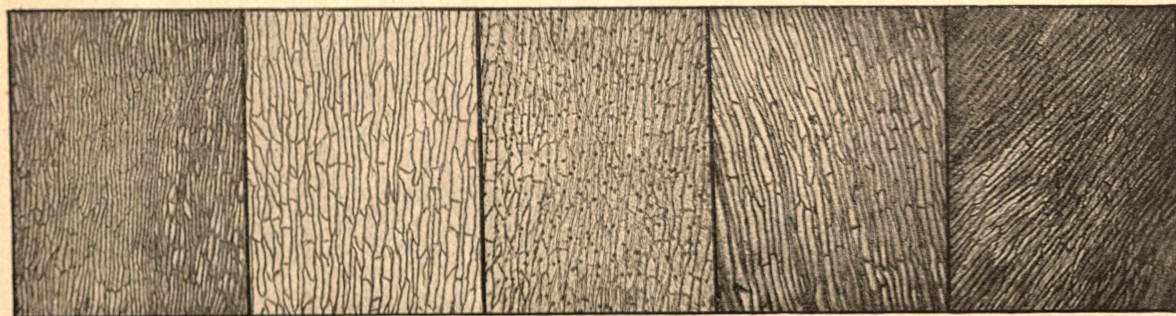
11. Pinus ponderosa.

12. Pinus Strobus.

13. Pinus excelsa.

14. Cedrus Libani.

15. Larix europaea.



16. Tsuga canadensis.

17. Pseudotsuga Douglasii.

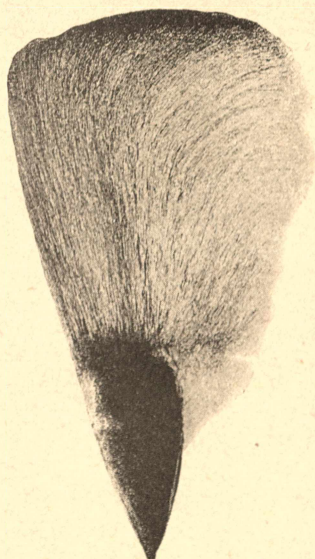
18. Picea excelsa.

19. Picea excelsa.

20. Abies Webbiana.

Tafel III.

Samenflügel der Abietineen.



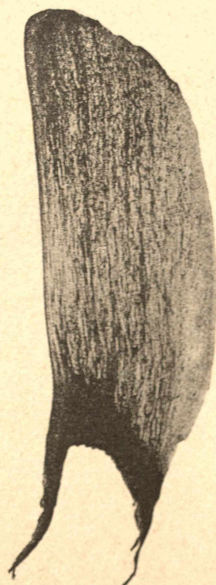
Cedrus Libani Barr.



Picea excelsa Lk.



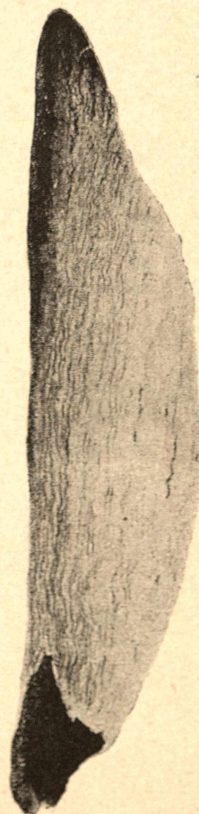
Pinus silvestris L.



Pinus Pinaster Sol.



Pinus excelsa Wall.



Pinus excelsa Wall.

III.

Einrichtungen zum **Verschlusse der Gymnospermen-Zapfen** nach der Bestäubung der Samenanlagen bis zu ihrer Reife.

Die Haarbildungen auf den Schuppen der Abietineen sind nicht ohne Bedeutung.

Vor Allem ist hier zu bemerken, dass die mit der Schuppe verwachsene Flügelfläche bei allen Gattungen und Arten stets völlig glatt und ohne Haarbildungen bleibt. Die Haare dagegen treten scharf an der Flügelfgrenze auf und bedecken bei den einzelnen Arten verschiedene Regionen der Schuppeninnenfläche. Insbesondere ist auch der Mittelstreifen zwischen den beiden Ovulis meist behaart.

Da die Haare vielfach nach unten gegen die Ovula gerichtet sind, könnte man glauben, dieselben sollten die eingeflogenen Pollenkörner, welche an den bereits angelegten Flügelflächen eine Gleitfläche haben, davor schützen, wieder den Raum zwischen Achse und Mikropyle durch Windbewegung zu verlassen, sie sollten die Pollenkörner also zurückhalten. Dabei wäre anzunehmen, dass das Pollenkorn zwischen zwei Schuppen einfliegt und das Ovulum der nächst höheren Schuppe bestäubt. Eine Vorstellung, die dadurch gerechtfertigt erscheint, dass die Ovula-Mündungen von oben gedeckt und von unten offen erscheinen und dass die Integument-Fortsätze, seien es Arme wie bei Pinus oder Glockenränder wie bei Cedrus und anderen Abietineen, alle nach der Seite der Schuppenränder hinaus und zurückgekrümmt sind. Bei Pinus Cembra ragen sie z. B. weit bis zur nächsten Schuppe herunter.

Erst später erscheinen die Samen mehr nach der Innenseite orientiert.

Schreiben wir mit Strasburger dem Kiele der Samenschuppe bei *Pinus* und der Mittelrippe der Deckschuppe bei *Abies*, *Larix* und anderen eine das Pollenkorn herableitende Funktion zu, so verträgt sich diese Anschauung gut mit der vorigen, weil der Kiel der unteren Schuppe eben gerade unter die geöffnete Ovulum-Mündung der oberen Schuppe führt, während er das Pollenkorn auf die von ihm abgewendete Seite der Ovulum-Mündung derselben Schuppe leitet. Diese

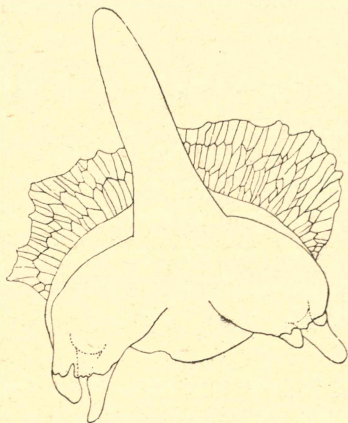


Fig. 13. Zapfen- und Samenschuppe von *Pinus silvestris* L. mit Kiel und 2 Eiknospen. Die Ovulum-Mündung ist von oben gedeckt. Nur rechts ist ausnahmsweise noch ein unterer Fortsatz gebildet.

Art der Bestäubung scheint zwar in der That vorzuliegen, die Haare leisten aber dennoch kaum eine Hilfe bei diesem Vorgange. Bei den kielführenden Kiefern ist nemlich zur Blütezeit eine ausgebildete Behaarung noch nicht vorhanden und die später entstehende natürlich für die Bestäubung belanglos. Ebenso entwickeln sich die Haare bei den anderen Gattungen mehr im zweiten Teile der Blütezeit. Ihre Funktion besteht vielmehr im vollständigen Verschliessen der Schuppen nach der Bestäubung, so dass die Abietineen-Ovula nach der Bestäubung ebensowohl verborgen und in einem fest geschlossenen Behälter sich befinden, wie die Samenknospen eines *Juniperus* in seinem beerenartigen Zapfen oder wie jene der

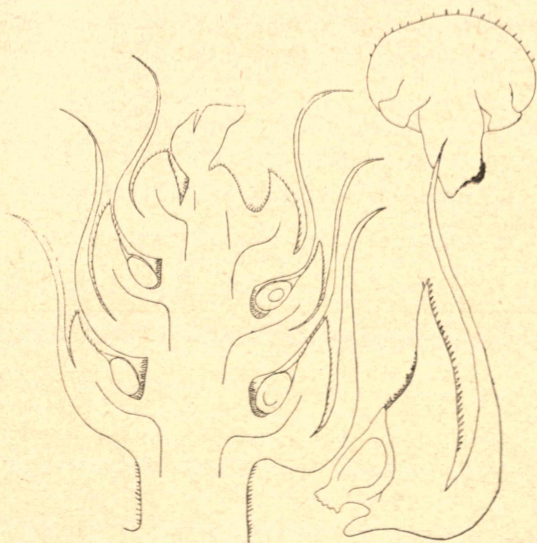
A, ermen im Fruchtknoten. Man hat daher nur ganz
 1 mit eine freie Samenknospe vor sich. In dieser äusserst
 Zeit findet die Bestäubung, oft viel später die Befruch-
 t. Kurz nach der Bestäubung aber haben wir dicht
 sene und bei Pinus sogar völlig verwachsene Schuppen,
 Reifezeit erst sich wie ein Fruchtknoten der Angio-
 1 wieder öffnen, um die Samen ausfallen zu lassen.
 rgang ist demnach bei der Bestäubung so, dass die

Fig. 14.

Längsschnitt durch
 die Blüte von

Larix europaea
 D.C.,

eine einzelne Schuppe,
 und rechts oben eine
 Samenschuppe mit 2
 Samenanlagen.



Pollenkörner vom Winde in die aufrecht freistehenden Blüten
 der Abietineen getragen werden, wohl meist von unten in den
 Integumenttrichter des nächst höheren Ovalums gelangen und
 da von einer secernierten Flüssigkeit (Strasburger, Coniferen
 und Gnetaceen S. 267) festgehalten werden, um zur Kernspitze
 zu gelangen und auszuwachsen. Durch ein beschleunigtes
 Wachstum der Schuppen werden diese oben zusammenneigen
 und mit einander in Berührung kommen. Unterdessen sind
 aber die zur Blütezeit noch weniger entwickelten Haare ge-
 wachsen und ermöglichen teils durch Aneinanderlegen und

Ineinandergreifen einen äusserst dichten Verschluss, teils eine völlige Verwachsung zu einem Parenchym, wie es bei den Pinus-Arten der Fall ist. Es bleibt so das Zapfenninnere mit den bestäubten Ovulis vollständig vor eindringendem Regen, Staub, Insekten und Pilzen geschützt. Das bekannte *Aecidium strobilinum* muss aber jedenfalls gleichzeitig mit den Pollenkörnern in die Blüten kommen. Zapfenzerstörende Insekten aber dringen durch die Schuppen ein, wenn sie nicht auch zur Blütezeit kamen.

Vielfach findet man an einzelnen Stellen der Zapfen und zwar an den äussersten, nicht verwachsenen Schuppenrändern eine Harzausscheidung, so dass ganze Harzbäche sich äusserlich über den Zapfen ergiessen. Für den Verschluss der Zapfen hat dieselbe jedoch nur eine untergeordnete Bedeutung und findet auch nicht überall statt.

Betrachten wir die Haarbekleidung der Schuppen bei einigen Repräsentanten der einzelnen Abietineen-Gattungen:

Bei der Lärche findet man im ersten Stadium der Blüte die ganze Samenschuppe als ein sehr kleines Schildchen in der Achsel der Deckschuppe. Die Ovula nehmen einen beträchtlichen Teil derselben ein und sind durch die in ihrer Längsrichtung verlaufenden Epidermiszellreihen von den nach oben gerichteten Reihen der Schuppen-Epidermis zu unterscheiden.

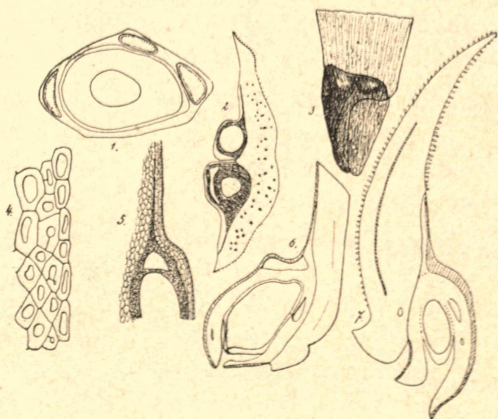
Im zweiten Stadium der Blüte findet man an der Achse Haare, welche das ganze Ovulum einhüllen, in dem dritten wächst der Fruchtschuppenrand in lange Haare aus. Eine Verwachsung der Schuppen findet nicht statt. (Vergl. Fig. 14 S. 199.)

Die geschlossenen Zapfen unserer Fichte lassen sich am 9. Juni z. B. leicht in einzelne Schuppen zerbrechen. Es sind hier ausserhalb (oberhalb) der Flügelregion gerade abstehende Haare beiderseits der Samenschuppen vorhanden, während der obere Schuppenrand samt Spitze frei ist. Diese Haare greifen ineinander und stellen einen völligen und festen Verschluss dar, ohne dass eine förmliche Verwachsung der Haare einträte.

Am geschlossenen Zapfen unserer Weisstanne findet man abstehende Haare fast an der ganzen Samenschuppe ausser an dem Flügel und Ovulum. Die Haare bedecken hier besonders an der Zapfenspitze auch den oberen Teil der frei nach oben gerichteten Rückseite und die ganze Schuppenspitze. An der übrigen Rückseite sind die Haare durch die Deckschuppe flach gedrückt. Auf der Innenseite der Schuppe wird die ganze Fläche, also auch der Mittelstreifen zwischen den Samen, von Haaren bedeckt. Diese sind in der Umgegend des Ovulums an diesem Mittelstreifen wie an der Achse zwischen den Schuppen besonders lang (vergl. Fig. 15₇ und Fig.-Erklärung S. 181).

Fig. 15.

Abies pectinata
D.C.



Bei der Douglastanne findet man am geschlossenen Zapfen Anfang September die Innenfläche der Schuppen mit Haaren bedeckt, den äusseren Flügel frei, dagegen treten auf dem samenbedeckenden Flügelteile wieder einige Haare auf, welche zur Reifezeit noch zu finden sind und die Douglastanne allein charakterisieren. Auch die Rückseite der Samenschuppe und jene der Deckschuppe sind stark behaart.

Bei den Zedern findet man an jungen Zäpfchen um Ostern eine Mittelquerbinde der Schuppen-Innenfläche mit kurzen Haaren bedeckt. Ebenso trägt die Schuppen-Rückseite kurze Haare, wie sie bei Fig. 16 gezeichnet sind.

Die reifen Schuppen tragen sehr lange, fadenförmige, gewundene und mehrzellige Haare, welche schon mit freiem Auge wie ein brauner Sammtüberzug erscheinen.

Bei den Föhren-Arten werden die Schuppen aber nicht blos fest aneinander gelegt und der Zwischenraum durch Haare ausgefüllt, auch nicht — wie meist angenommen wird — durch Harzausscheidung „verklebt“, sondern es tritt eine vollständige Verwachsung ein. Es bilden zwei gegenüber-

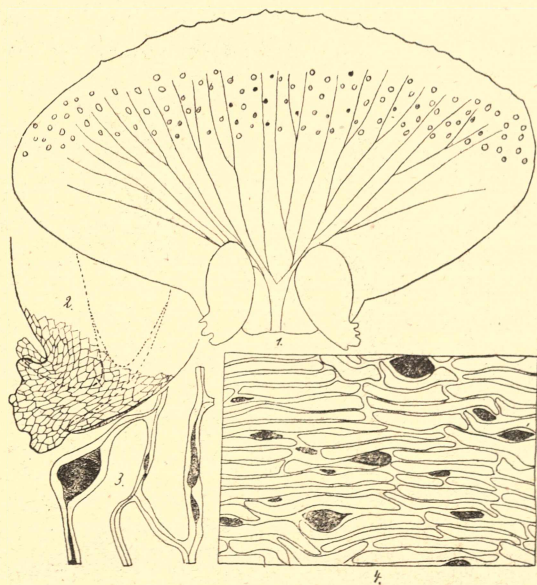


Fig. 16.

Cedrus Lk.

- 1 Samenschuppe der Blüte mit 2 Ovulis und einer Querbinde von Papillen.
- 2 Glockenförmige, nach auswärts gebogene Integument-Mündung, von oben.
- 3 Bildung der Inter-cellularräume zwischen den Epidermiswänden des Flügels.
- 4 Ein Stück Cedernflügel-Epidermis mit zahlreichen solcher Inter-cellularräume.

stehende Schuppenteile Haare, welche sich entgegenwachsen, sich berühren und miteinander zu einer Parenchymschichte vollständig verwachsen. Es ist daher auch ganz unmöglich, solche verwachsene Schuppen voneinander zu trennen. Will man sie voneinander reissen, so spalten sich die Schuppen in der Gefässbündelregion, aber nicht an der natürlichen, jetzt verwachsenen Grenze. Wäre nur eine Vereinigung durch verklebendes Harz vorhanden, so müsste dieselbe ja leicht auflösbar sein. Die Zapfenschuppen lassen sich aber weder durch

Wärme, wobei Harz erweichen würde, noch durch monatelanges Liegen in Alkohol oder Äther öffnen.

Nach dem Bau der Zapfen findet man nun auch verschieden angeordnete und ausgebildete Haare. Einige Beispiele mögen hier Erwähnung finden:

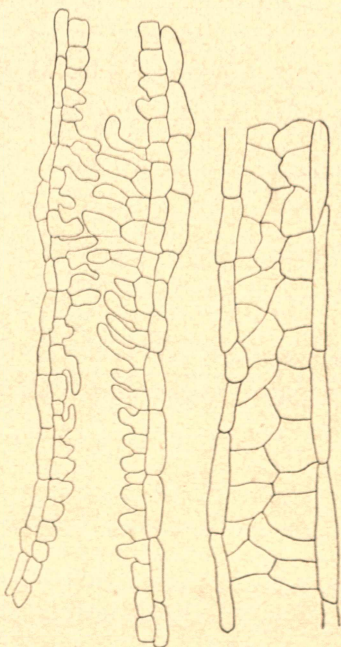
Von *Pinus excelsa* Wall. sammelte ich junge Zäpfchen im März, fast reife im September und reife Ende Oktober in Bozen.

Fig. 17. Verwachsung der Samenschuppen von

Pinus excelsa Wall.

Links ist eine Stelle gezeichnet, an welcher sich die Schuppen und Haare noch nicht vollständig berühren, während die Partie rechts eine völlig verwachsene Partie darstellt.

Durch die Behandlung mit Eau de Javelle sind Zellkerne und Stärkekörner nicht mehr im Präparat. Die Figur rechts ist in stärkerer Vergrößerung gezeichnet wie die linke.



Die jungen Zapfenschuppen lassen sich im März noch teils leicht, teils mit einiger Verletzung trennen, sie sind also gerade im Augenblicke der Verwachsung. Die kleine Deckschuppe ist papillenfrei und trägt auf der Innenseite ihre Spaltöffnungen. Die Samenschuppe lässt ihre Epidermiszellen zu Haaren auswachsen. Nur der Flügel und die ihm gegenüberliegenden Schuppenteile bleiben frei. Die Haare wachsen sich entgegen, flachen sich dann breit ab oder biegen sich um und

schmiegen sich einander an, um zu einem festen Parenchym mit grossen Zellkernen zu verwachsen.

Im September sind die Zapfen noch grün, aber so ziemlich ausgewachsen. Nach gewaltsamem Öffnen lassen sich die Flügel schon von der Schuppe loslösen, dagegen ist der oberste Innenrand der Schuppen mit den Rückseiten der ihm aufliegenden Schuppenteile fest verwachsen und lässt sich nur schwer an diesen Stellen trennen. Der alleräusserste Schuppenrand, welcher stark verdickte Zellwände zeigt, ist frei, ebenso die Mittelzone zwischen den beiden Samen und Flügeln.

Betrachtet man junge Schuppen (vom März) von der Fläche, so zeigt es sich, dass an der Flügelgrenze bis fast ganz zum Rande die meisten Epidermiszellen zu Haaren ausgewachsen sind, während die Flügel und die zwischen ihnen befindliche Zone frei sind. Zwischen den beiden Ovulis befindet sich ein kurzer zapfenförmiger Vorsprung in der Richtung der Ovula, wie ein umgewendeter Kiel. Die Ovula sind mehr nach der Innenseite als gegen diesen Zapfen, also zum Aussenrande der Schuppe gekehrt und besitzen noch die beiden Arme oder Zangen der Mündung.

Im Längsschnitte zeigen sie recht deutlich das kräftige Integument mit seinen Schichten und dem grosszelligen Dreieck an der Basis des Ovulums, welches sich in den Flügel verjüngt.

Im Oktober reifen die Zapfen, welche von scherbengelber Farbe sind. Die alten Zapfen, die man noch an Ostern an den Bäumen findet, werden bald grau-braun.

Bei *Pinus Strobus* L. findet man im Juni Blüten und halbreife Zapfen, welche im September bereits ausgewachsen sind und ihre Samen sofort entlassen. Betrachtet man nun weibliche Blüten, welche eine sehr gestreckte Achse und weit voneinander entfernte Schuppen zeigen, so findet man die beiden Ovula mit ihren Fortsätzen des Integumentes und die Flügelregion angelegt, die Samenschuppe gross, die Deckschuppe kleiner. Letztere ist ganz glatt, erstere aber besitzt an der Rückseite von der eigenen Spitze an bis an jene der kleinen Deckschuppe einige Epidermiszellen in einfache oder ein- bis zweizellige Köpfchenhaare ausgewachsen. Unterhalb dieser

Stelle trägt die Deckschuppe auf der Innenseite ihre Spaltöffnungen.

Die am selben Aste hängenden, halbreifen Zapfen sind vollständig fest geschlossen und auf keine Weise mehr zu öffnen. Von den Samenschuppen ist nur der äusserste Rand

Fig. 18. *Pinus Pinea* L.

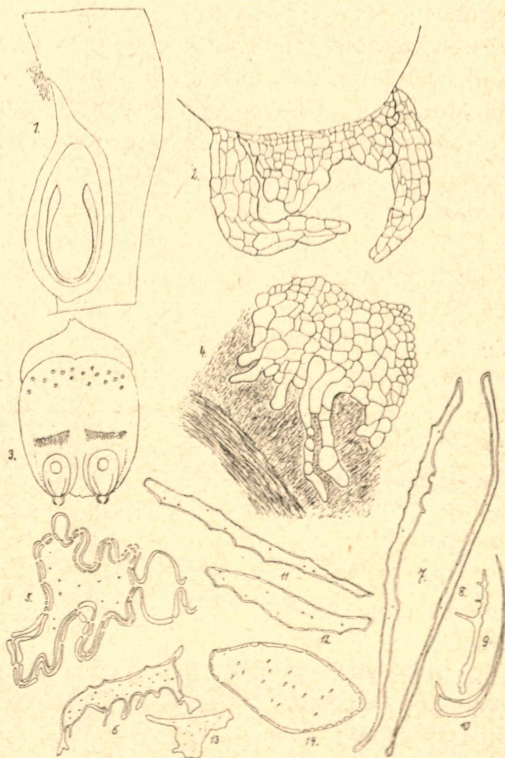
1 Längsschnitt durch eine junge Samenschuppe samt Ovulum. An der Flügelgrenze ein Büschel langer Haare. Aufwärts von ihm sind die Schuppen durch Haare (welche hier nicht gezeichnet sind) bereits mit einander verwachsen.

2 Integumentmündung von oben.

3 Samenschuppe mit zwei Ovulis und den angeführten Haarbüscheln, die Haare zwischen diesen und den Spaltöffnungen im oberen Schuppenteile sind nicht gezeichnet, da sie schon mit der darauf liegenden Schuppe verwachsen waren.

4 Ein Stück des Haarbüschels vergrössert über die Flügelchuppe bis zur Samenschale ragend.

5—14 Flügelzellen, 5 und 6 Epidermiszellen, 7—14 aus den zwei darunter liegenden Schichten.



mit der an der Spitze befindlichen Apophyse noch frei. Ein Schnitt überzeugt uns, dass die Schuppen an den sich deckenden Teilen einfache, breite, kurze Haare mit einem grossen Zellkerne gebildet haben, welche miteinander fest verwachsen sind zu einem ganz dickwandigen Parenchym. Der Flügel aber,

ohne jede Haarbildung, erhält das Ovulum frei und hohl liegend.

In ähnlicher Weise geht der Schuppenverschluss bei anderen Kiefern vor sich, so z. B. bei unserer *Pinus montana* Mill. und *silvestris* L. Die von Haaren bedeckte Partie ist je nach dem Bau der Zapfen eine verschiedene, da eben nur die wirklich aufeinander passenden Schuppenteile miteinander verwachsen, die freien Schuppenränder aber von Haaren frei bleiben.

So wird z. B. bei *Pinus Pinea* L. eine kleine Region dicht oberhalb der kurzen Flügel von Haaren eingenommen, die nicht verwachsen, sondern besondere Grösse erreichen und sich in den freien Raum über den Flügel herabwölben. (Vergl. Fig. 18.) Dagegen wird über dieser Stelle noch eine kurze Region von Haaren bedeckt, welche mit jenen der aufliegenden Schuppe fest verwachsen. Diese Partie ist auf der Zeichnung nicht dargestellt.

Auch bei den Cupressineen wird der Verschluss der Zapfen nach der Bestäubung dadurch hergestellt, dass die oberen, sich gegenüberliegenden Schuppenränder kurze Haare entwickeln, die sich enge berühren oder zwischen einander greifen, wie wenn man die Finger der einen Hand zwischen die der anderen legt. (Vergl. Fig. 19 S. 207.) Sehr oft und dies ist besonders schön bei *Juniperus Oxycedrus* L. zu sehen, werden diese Haare sehr dickwandig, schwellen an der Spitze an und flachen sich ab, so dass sie einen ausserordentlich festen Verschluss geben, ähnlich wie sogenannte Schwalbenschwänze eines vom Schreiner verzinkten Brettes. (Vergl. Fig. 20 S. 208.)

In dieser Verschlussart haben demnach die Abietineen mit den Cupressineen grosse Ähnlichkeit und auch die Gattungen mit trockenen Zapfen wie die von mir untersuchten *Actinostrobus*, *Thuja*, *Biota*, *Libocedrus*, *Chamaecyparis*, *Cupressus*, *Thujopsis*, verschliessen ihre Zapfenränder durch Haarbildungen und verhalten sich in dieser Beziehung nicht anders wie *Juniperus*, der sich nur von ihnen dadurch unterscheidet, dass die fleischigen Schuppen sich nach der Reife nicht mehr öffnen,

um die Samen zu entlassen, sondern vermodern oder gefressen werden, so dass die Samen auf diese Weise befreit werden.

Die von den Taxodiaceen untersuchten Zapfen von *Cryptomeria japonica* Don. und *Sequoia gigantea* Torr. zeigen

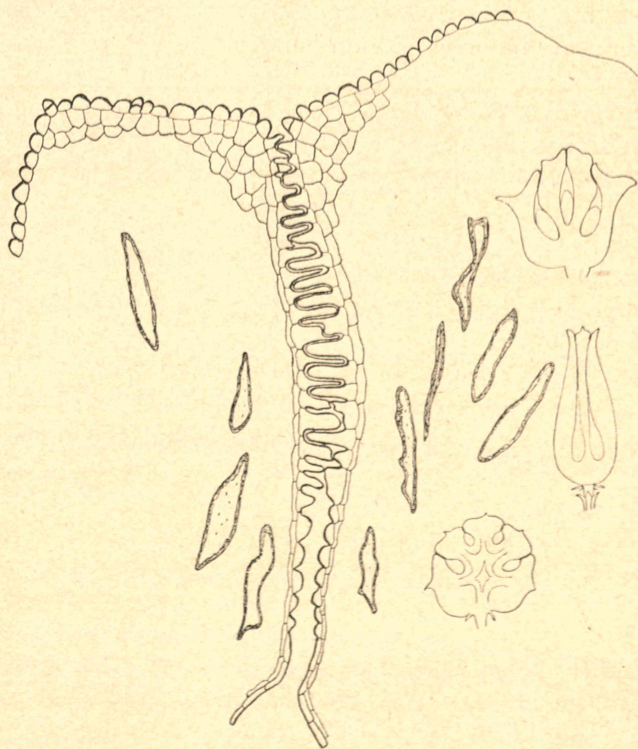


Fig. 19. Verschluss der aneinander stossenden Zapfen-Schuppen von *Cupressus funebris* Endl. Die Epidermiszellen mit zarten Seiten- und verdickten Aussenwänden greifen, papillenartig ausgewachsen, zwischen einander. Die Schuppen weichen weiter innen auseinander, Raum für die Samenanlage lassend, die Papillenbildung verschwindet allmählich nach innen. Einige hervortretende Sklerenchymzellen der Schuppe sind noch gezeichnet. Rechts von der Figur ist der Längsschnitt der Zapfen von *Biota orientalis* Endl. (oben), *Libocedrus decurrens* Torr. (in der Mitte), *Cupressus torulosa* (unten) gezeichnet. Die Verschlussstellen sind durch dickere Linien angedeutet.

an den Schuppenrändern ebenfalls Haarbildungen, während *Sciadopitys verticillata* S. et. Z. auch an anderen Teilen der Schuppe Behaarung trägt.

Von den *Araucarieen* untersuchte ich *Cunninghamia sinensis* R. Br. und *Araucarien*-Arten, welche aber alle völlig glatte, unbehaarte Schuppen besaßen.

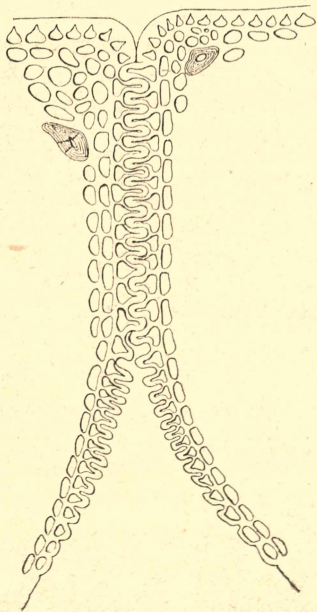


Fig. 20.

Verschluss - Stelle zweier
aneinander stossender Zapfen-
schuppen von *Juniperus*
Oxycedrus L.

Das Öffnen der Zapfen

geschieht bei den *Abietineen* durch Verholzen und Austrocknen der Schuppen, und zwar bei Kiefern, Lärchen, Tsugen, Pseudotsugen, Keteleerien, Fichten in der Art, dass durch Trocknis die Schuppe eine Bewegung nach auswärts, bei Feuchtigkeit wieder gegen die Zapfenspindel macht. Der mechanische Vorgang derselben ist bekannt. Diese Öffnung durch Hitze wird beim Klengen der Zapfen an der Sonne oder auf der künstlich erwärmten Darre in Samenkleg-Anstalten behufs Gewinnung der Samen regelmässig vorgenommen. In

der Natur werden die Samen durch die bei jedem Witterungswechsel eintretende Zapfenschuppen-Bewegung gelockert und zum Ausfallen gebracht. Nur die Lärche hält ihre Samen fester wie andere Zapfen und müssen die Zapfen beim künstlichen Klengen zerrupft werden. In der Natur besorgen dieses Zerrupfen die Eichhörnchen und Kreuzschnabel-(*Loxia*-) Arten, von denen besonders der Fichten- und der Kiefern-Kreuzschnabel häufig ist und bedeutende Arbeit leistet.

Die grossen Samen wie von Zirbelkiefern werden besonders auch von Häher-Arten (Tannenhäher) gefressen und verbreitet. Bei der Lärche, deren Zapfen auch viele Jahre am Baum bleiben, kommen oft die Samen ohne solch' künstliche Hilfe nicht alle aus den Zapfen; bei den anderen Arten machen die Tiere wohl mehr Schaden als Nutzen durch Verbreitung und Ausstreuung der Samen. Die Zapfen von *Pinus Cembra* L. fallen ganz vom Baume ab und lassen an der Erde die Samen ausfallen, die hier wieder von Mäusen gefressen und verschleppt werden.

Im Gegensatze zu diesen Zapfen zerfallen die Tannen- und Cedernzapfen, sowie jene von *Pseudolarix* schon am Baume alsbald nach der Reife, so dass nur die Spindel allein dort übrig bleibt.

Das Ausstreuen der Samen und das Öffnen der Zapfen findet bei den meisten Zapfen im Winter während kalter und trockener Perioden statt, so dass die meisten Samen auf die Schneedecke fallen und erst im Frühling nach dem Schmelzen des Schnees in ein Keimbett gelangen, doch zerfallen Tannen- und Cedernzapfen bald nach der Reife, Tsugen, Pseudotsugen, *Pinus*-Arten aus der Section *Strobis* u. a. entlassen die Samen ebenfalls bald nach der Reife und sämtliche innerhalb kurzer Zeit.