



This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

### **Usage guidelines**

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

- + *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
- + *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
- + *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
- + *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

### **About Google Book Search**

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at <http://books.google.com/>



## Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

## Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

- + *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.
- + *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.
- + *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.
- + *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

## Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter <http://books.google.com> durchsuchen.

FORESTRY

SD

386

T88

BUHR . B



a39015 00000493 0b

Die

# Haarbildungen der Coniferen.

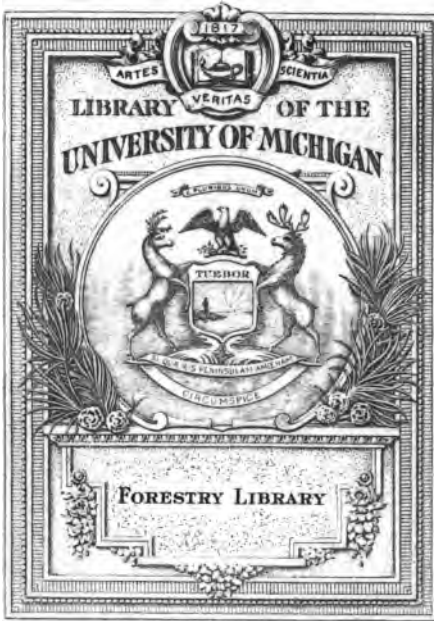
Von

Dr. Karl Freiherr von Tubeuf,

Privatdozent an der K. Universität und an der Kgl. Technischen Hochschule in München.

—† Mit 12 Tafeln. †—

M. Rieger'sche  
Universitäts-Buchhandlung  
München, Odeonsplatz 2.  
1896.







Die

# Haarbildungen der Coniferen.

Von

Dr. Karl Freiherr von Tubeuf,

Privatdozent an der K. Universität und an der Kgl. Technischen Hochschule in München.

---

—: Mit 12 Tafeln. :—

---

M. Rieger'sche  
Universitäts-Buchhandlung  
München, Odeonsplatz 2.  
1896.

04  
1/6/31  
IB

---

Sonderabdruck aus der Forstlich-naturwissenschaftlichen Zeitschrift 1896.

---

Forestry

SD

386

.788



Forsting-Special

Dultz

6-26-31

24162

In verschiedenen Lehr- und Hand-Büchern der Botanik wird hervor-  
gehoben, daß den Coniferen Haarbildungen ganz fehlen. So bei Eschrich  
(Angewandte Pflanzenanatomie 1889 S. 256), bei Haberland (Physiologische  
Pflanzenanatomie 1884, S. 80) und schon früher bei Sachs in seinen Vor-  
lesungen über Pflanzenphysiologie 1882 S. 145 und 1887 S. 128.

In anderen Werken werden die Haare wenigstens einzelnen Organen  
der Nadelhölzer völlig oder theilweise abgesprochen.

So sagt Prantl (in Engler-Prantl, Natürliche Pflanzenfamilien 1889)  
über Coniferen: „Die Epidermis der Wurzel ist durch geringere Entwicklung  
von Wurzelhaaren ausgezeichnet, die nur bei *Taxus* reichlich vorhanden sind“ —  
„Die Epidermis des Stammes . . . ist öfters mit Spaltöffnungen versehen  
und trägt bei verschiedenen *Abietinosen* und *Sciadopitys* ein- oder mehrzellige  
Haare, welche bei *Picea* theilweise drüsig sind.“ Endlich: „Haare fehlen den  
Blättern vollständig; eine schwache Andeutung bilden nur die vor-  
gezogenen Papillen der Spaltöffnungsbahn bei *Sciadopitys*“. —

Aber auch in Spezialarbeiten finden wir solche Angaben, so sagt Thomas  
(in seiner vergleichenden Anatomie der Coniferen-Laubblätter 1864): „Haare  
finden sich auf der Oberhaut der Coniferen-Blätter nie.“ Schwarz kon-  
statirte (in seiner Arbeit „die Wurzelhaare der Pflanzen 1883) bei den meisten  
Coniferen-Wurzeln den Mangel an Wurzelhaaren. C. R. G. Schumann  
spricht (in seiner Abhandlung „Anatomische Studien über die Knospenschuppen  
von Coniferen und dicotylen Holzgewächsen“ 1889) die Haare den Knospen-  
schuppen ganz ab. —

Somit würden die Coniferen bezüglich der Fähigkeit Haare zu bilden  
und zu gewissen Funktionen zu gebrauchen, wesentlich von anderen Pflanzen-  
gruppen abweichen. —

Dem gegenüber wurde in speziellen Arbeiten oder gelegentlich schon sehr  
früh und wiederholt auf Haarbildungen bei einzelnen Organen der Coniferen  
hingewiesen.

Aber auch in diesen Spezial-Arbeiten sind die Beobachtungen theils nur vereinzelt gemacht, theils als Ausnahmen angesehen, theils wurden auch hier gewisse Organe als völlig haarfrei betrachtet.

Jedenfalls ist der Versuch, die Haarbildungen der Coniferen im Zusammenhang darzustellen noch nicht gemacht worden.

Da ich nun gelegentlich anderer Untersuchungen an allen möglichen Theilen der Coniferen Haare fand und dem Satze gegenüber, daß den Coniferen Haare überhaupt nicht zukommen, zu dem Resultate kam, daß an allen Organen der Coniferen Haarbildungen vorkommen, fasse ich meine Beobachtungen derselben unter gleichzeitiger Berücksichtigung der einschlägigen Litteratur hier zusammen.

Um aber zu zeigen, in wie weit dieselbe Pflanze Haare an ihren einzelnen Organen zu erzeugen vermag, greife ich zur Vorbesprechung eines unserer einheimischen Nadelhölzer, die Zirbelfiefer, *Pinus Combra*, heraus.

Geht man von der Keimpflanze aus, so findet man an ihr 9—12 kantige Cotyledonen, deren drei Ranten mit 1—2zelligen, nach der Spitze zu gerichteten Sägehaaren versehen sind (Tfl. I Fig. 8, Tfl. II Fig. 10.).

Die kurz nach den Cotyledonen entstehenden flachen Primärblätter haben ebensolche Sägehaare an ihren beiden Ranten und besitzen außerdem dazwischen noch mehrzellige Köpfchenhaare, deren Basalzellen sehr dickwandig, der Stiel- und Köpfchenzellen dünnwandig sind (Tfl. I Fig. 7.).

Die dritte Blattform ist die der Kurztrieb-nadeln, deren 3 Ranten sehr dickwandige und auch wieder nach vorne gerichtete Sägehaare haben (Tafel II Figur 1.). Ebenso sind die Knospenschuppen der Zirbel mit einer dichten Haarbekleidung geschückt.

Betrachtet man nun die Epidermis junger Triebe, so erscheint dieselbe schon dem unbewaffneten Auge rothfärbig behaart; diese Behaarung wird von mehrzelligen, langen, und zum Theil verzweigten Haaren (Tfl. IX Fig. 1), sowie von langen, mehrzelligen Köpfchenhaaren gebildet.

Somit hätten alle oberirdischen, vegetativen Organe der Zirbelfiefer wohl entwickelte Haarbildungen. Untersucht man nun die Wurzeln von Keimpflanzen, so findet man auf ihnen eine üppige Bekleidung von Wurzelhaaren an den normalen Haarregionen und bei älteren Pflanzen besonders dichte Überzüge an Wurzeln, welche theilweise Pilzmäntel der *Mycorrhiza* tragen (Tfl. X Fig. 6).

Es erübrigt nun noch, die Blüten und Zapfen der Zirbelfiefer zu betrachten.

Hier finden wir die Deck- und die Samenschuppen der Blüten an den außerhalb der Samenanlagen befindlichen Theilen mit einfachen Haaren und mit Köpfchenhaaren versehen.

Die vorjährigen Zapfen haben zur selben Zeit auf der Außenseite einfache Haare, die zum Theil seitliche Auswüchse besitzen (Tfl. VII, 8.). Außerdem wird ein besserer Zusammenschluß durch reichliche Haarbildung an den auf

einander aufliegenden, sich deckenden Schuppentheilen herbeigeführt. — Es erhellt aus dieser Betrachtung, daß sämtliche vegetativen wie auch die Blütenorgane von *Pinus Combra* Haare bilden und daß hiermit der Satz „die Coniferen besitzen keine Haarbildungen“ hinfällig wird. — Nachdem wir uns aber bei diesem einen Nadelholze von der Reichhaltigkeit der Haare, die hier auch schon in verschiedenen Formen „Stachelhaare, Köpfchenhaare, Wollhaare und Wurzelhaare“ vorkommen, überzeugt sind, ist es vielleicht interessant, auch andere Coniferen auf das Vorkommen von Haaren und die Fähigkeit, Haare zu bilden, zu prüfen.

Wir werden daher die verschiedenen Organe derselben auf Haarbildungen zu untersuchen haben. Fassen wir nur die einzelnen Organe nach ihrer morphologischen Zusammengehörigkeit ins Auge, so kommen wir zu folgender Uebersicht und werden finden, daß Haare an allen darin angeführten Theilen vorkommen:

A. Haare an oberirdischen Organen.

I. An Blättern.

a. An Laubblättern.

1. an oberirdischen Cotyledonen.

2 an Primärblättern.

3. an gewöhnlichen Laubblättern.

b. An Knospenschuppen (und sonstigen trockenhäutigen Blättern).

c. An Blütenblättern.

II. An der Sproßachse.

B. Haare an den unterirdischen Organen, den Wurzeln.

Betrachten wir aber nicht die einzelnen morphologischen Glieder, sondern ganze Organe wie die Blatt- und Blütenknospen, in denen wir Sproß und Blatttheile vertreten finden, so kommen wir etwa zu folgender Uebersicht. Auch hier finden wir die Haare überall entwickelt.

I. Haare an Blättern (Cotyledonen, Primär-Blättern, typischen Laubblättern, Niederblättern.).

II. „ „ Knospen (Laubknospen—Blütenknospen).

III. „ „ Blüten und Zapfen.

IV. „ „ Zweigen.

V. „ „ Wurzeln.

Wir können also hier vorausschicken, daß wie *Pinus Combra*, so auch andere Coniferen sowohl an Cotyledonen, Primärblättern, Nadeln, Blütenblättern, Sproß-Achsen und Wurzeln Haare bilden können und daß daher wie der allgemeine Satz: „Es fehlen den Coniferen Haarbildungen gänzlich“ so auch die Angaben, daß den Wurzeln der meisten Coniferen oder daß allen Blättern derselben Haare fehlen . . . nicht richtig sind.

Wir werden dann in 2. Linie auch zu untersuchen haben, ob die Haarbildungen, welche wir finden in ihrer Form und Funktion große Übereinstimmung zeigen oder ob sich auch hierin noch Unterschiede ergeben. —

## I.

## Haarbildungen an Blättern der Coniferen.

(Hiezu Tafel I u. II.)

Gerade den Blattorganen der Coniferen werden Haare meist gänzlich abgesprochen. So sagt, wie schon erwähnt, Prantl 1889 l. c.: „Haare fehlen den Blättern der Coniferen vollständig, eine schwache Andeutung bilden nur die vorgezogenen Papillen der Spaltöffnungsbahn bei *Sciadopitys*.“

Thomas erklärt in seiner Abhandlung „Vergleichende Anatomie der Coniferen-Laubblätter“ Pringsheims Jahrb. IV Bd. 1864 p. 26: Haare finden sich auf der Oberhaut der Coniferen-Blätter nie. Die einzigen Anhangsorgane sind die fast mikroskopischen Zähne am Blattrande vieler *Pinus* und bei *Cunninghamia*; dieselben endigen zuweilen mit einer freien Spitze, die aber nie mehrzellig, sondern nur eine erweiterte Oberhautzelle ist. Die ein- bis zweizelligen stark verdickten Haare auf der Oberseite jüngerer Zweige von *Tsuga Brunoniana* erstrecken sich nie bis zur Abgliederungsstelle des Blattes. —

Reichlichere Angaben, wenn auch nur für wenige Nadelhölzer und offenbar mit der Vorstellung, als ob es sich bei seinen Befunden mehr um Ausnahmen handle, veröffentlichte Carl Berthold in seinem „Beitrag zur vergleichenden Anatomie der Coniferen-Blätter“ 1875, eine Dissertation, deren zugehörige Tafeln in den in den Universitäten und im Antiquariat verbreiteten Exemplaren stets zu fehlen scheinen. Wir finden dort S. 11 die Angabe: „Eigentliche Haare oder Stacheln sind bei den Coniferenblättern im Allgemeinen nicht ausgebildet. Stacheln treten nur bei den *Pinus*arten auf; bei *Pinus canariensis* zeigen sich auf der Oberseite des Blattes 2 Reihen von Stacheln. Eigentliche Haare bemerkte ich nur bei *Pinus Lambertiana*, *Salisburia adiantifolia* und den Fruchtblättern von *Thuja*.

Bei *Pinus-Lambertiana*\*) treten die Haare nur an den jugendlichen Blättern auf in der Form von cylindrischen Haaren, Regelhaaren und Drüsenhaaren.

Die cylindrischen Haare sind lang, zuweilen verzweigt, zeigen eine dünne Haut und verlaufen in eine Spitze.

Sie sind ebenso verbreitet wie die Regelhaare. Die Regelhaare sind kegelförmig, kurz, nicht verzweigt und an der Spitze etwas abgerundet. Die Zellwand ist verdickt und zeigt nach innen Ausbuchtungen.

Die Drüsenhaare sind nicht so verbreitet und bestehen aus einem dünnen Stiel, dessen oberer Theil in eine kugelige Drüse erweitert ist.

Der Blattstiel von *Salisburia adiantifolia* zeigt an seiner Unterseite kurze, dicke Drüsenhaare. In ähnlicher Art lassen sich auch die Haare an den Fruchtblättern von *Thuja* erkennen.“ —

\*) Die Haare an den Primärblättern von *Pinus Lamb.* sind schon 1803 von Lambert abgebildet worden. (Zubeuf.)

Klemm\*) macht nur eine kurze Bemerkung über Haare bei Coniferen: Nur an den Rändern der Blattspitzen, besonders bei sehr kleinen Facialblättern dorsiventral gebauter Zweige (*Libocedrus Doniana*) sind die Außenwände der Epidermiszellen zackig nach außen gekrümmt. Ein Hervorwölben der Außenwand zeigen die Oberhautzellen regelmäßig auch an jenen Stellen, wo Theile der Blätter einander überdecken und die Außenwände des geringeren Schutzbefürfnisses wegen verhältnißmäßig dünn sind. In der, die herablaufenden Blattbasen trennenden Rinne bei *Fronela robusta* sind diese Erhebungen oft zapfen- oder haarartig. Tschirch, welcher eine solche abgebildet hat, bezeichnet sie in der That als „Haar“.

Kaufholz\*\*) gibt Haare bei Coniferen-Keimlingen nur an für die Cotyledonen von *Pinus Pinna*, deren Primärblätter er am Rande mit deutlichen Zähnen besetzt fand, welche „bei dem Folgeblatt nur schwach oder gar nicht ausgebildet waren.“ —

Und doch werden schon lange in der forstlichen Praxis und Litteratur die Keimlinge unserer Nadelhölzer nach der Bildung von „Sägezähnen“ an Cotyledonen und Primärblättern unterschieden und besitze ich bezüglich der Haarbildungen an diesen Blättern Vorarbeiten für eine große Zahl von Nadelholzarten in meinem Bestimmungsbuche „Samen, Früchte und Keimlinge der in Deutschland heimischen oder eingeführten forstlichen Kulturpflanzen“ Berlin, S. Springer 1891, aus welchem wir hier einen Theil der Bestimmungstabelle der Nadelholzkeimlinge (S. 187 II) unter Einschaltung einiger weiterer Angaben und Weglassung des für vorliegenden Zweck Unwesentlichen reproducieren. Zugleich verweisen wir auf die dortselbst befindlichen Abbildungen der Nadelholzkeimlinge.

### 1. Haarbildungen an Cotyledonen und Primärblättern der Nadelholzkeimlinge.

#### Bestimmungstabelle der Nadelholz-Keimlinge.

#### I. Keimlinge mit 2—5 flachen, oberirdischen, glattrandigen Cotyledonen.

##### A. Primärblätter auch glattrandig.

##### 1. Keimlinge mit 2 Cotyledonen.

Diese sind im Querschnitt 2kantig, ohne sichtbare Spaltöffnungsreihen, horizontal ausgebreitet.

*Taxus*, *Thuja*, *Biota*, *Cupressus*, *Chamaecyparis*, *Sciadopitys*, *Juniperus*.

- A. Cotyledonen, hypocotyles Glied und Primärblättchen, größer und dicker wie bei allen folgenden. Cotyledonen 15—20 mm lang und 2½ mm breit; unten matt grün, oben glänzend grün, Knospendeckende Haare in ihren Achseln tragend. Primärblättchen nur einen Scheinquirl zu 2—4 bildend.

*Sciadopitys verticillata*.

\*) Klemm, Ueber den Bau der beblätterten Zweige der Cupressineen. Znaug.-Diff. 1886.

\*\*) Kaufholz, Beitr. zur Morphologie der Keimpflanzen, Znaug.-Diff. 1888.

Anm. Die Tabelle stützt sich bezüglich der Gattungs-Angaben nur auf die angeführten Arten.

## B. Cotyledonen schmäler und zarter.

1. Cotyledonen 15—18 mm lang, ähnlich den Tannencotyledonen, rein grün. Primärblättchen zahlreich, spiralig, beiderseits rein grün. *Taxus baccata*.
2. Primärblättchen zahlreich, quirlständig, mit den Cotyledonen und den nächsten Quirlblättchen alternierend.
  - a. Primärblättchen erst ein Paar, dann 4zählige Quirle.
    - a. Cotyledonen 22—25 mm lang. *Biota orientalis*.
    - β. Cotyledonen 15—16 mm lang, oben blaugrün. Weiße Spaltöffnungsbänder der Primärblättchen nicht sichtbar. *Cupressus sempervirens*.
    - γ. Die letzteren sehr deutlich; Cotyledonen ca. 15 mm lang, oben rein grün. *Juniperus virginiana*.
    - δ. Cotyledonen unter 10 mm Länge.
      - Thuja plicata*, 8—9 mm
      - Thuja occidentalis*, 8 mm
      - Thuja Menziesii*, ca. 6 mm
      - Chamaecyparis obtusa*, ca. 10 mm
      - Cham. Lawsoniana*, 5—6 mm
      - Cham. pisifera*, ca. 6 mm
      - Thujopsis dolabrata*, ca. 7 mm. Nur wenige dicke Primärblätter.
  - b. Primärblättchen, erst 1 Paar, dann 2zählige Quirle (decussirt). *Thuja japonica*, Cotyledonen 5—6 mm. Weiße Spaltöffnungsbänder auf der Unterseite der Primärblättchen undeutlich.
2. Keimlinge mit 3 Cotyledonen; Cotyledonen ca. 10 mm lang, rein grün. Primärblättchen zu 3 quirlständig. Oben mit 2 weißen Streifen. *Cryptomeria japonica*.
3. Keimlinge mit 4—6 Cotyledonen mit 2 weißen Streifen oben, Primärblätter mit 2 weißen Streifen unten. Cotyledonen und Primärblätter in gleicher Anzahl.
  - Abies pectinata*, Nordmanniana, *A. cephalonica*.
  - Abies firma*, *Abies sibirica*.

## B. Primärblätter mit Sägezähnen.

Keimlinge mit 4 Cotyledonen, Primärblättchen mit 2 weißen Streifen unterseits.

*Tsuga canadensis* und *Tsuga Siboldii*.

**II. Cotyledonen viele (mehr als 5), oberirdisch,**

im Querschnitte 3kantig, spitz zulaufend, Außenfläche gewölbt, die 2 Innenflächen gerade, mit den zarten weißen Spaltöffnungsreihen. Cotyledonen meist nach oben säbelig gekrümmt oder sonst gebogen.

Primärblätter 2 kantig mit gewölbter Außenfläche, spitz zulaufend, in Büscheln erscheinend.

*Pinus, Picea, Larix, Cedrus, Pseudotsuga.*

**1. Cotyledonen und Primärblätter ganz glatt.**

*Larix, Cedrus, (Picea sitchensis und Picea Omorica).*

a. *Larix europaea.*

b. *Larix japonica.*

c. *Cedrus atlantica.*

d. *Pseudotsuga Douglasii* (Stämmchen behaart.)

**2. Primärblätter gezähnt oder behaart und Cotyledonen gezähnt oder behaart. *Pinus* und *Picea* zum Theil.**

a. *Picea polita*, Cot. 9—13, 16—20 mm lang, beide gesägt.

*P. excelsa*, Cot. 8 (5—10), 13—17 mm lang, Cot. und Primärbl. derb gesägt.

*P. orientalis*, Cot. 7—9, ca. 15 mm lang, Primärbl. schwach und wenig gesägt.

*P. Alcockiana*, Cot. 6—8, ca. 11—16 mm lang, Primärbl. schwach und wenig gesägt.

*P. alba*, Cot. 6, ca. 13 mm lang, Cot. und Primärbl. zart gesägt.

β. *Pinus Strobus*, Cot. 8—11, ca. 25 mm lang, rein grün. Ganze Pflanze und Cot. zart.

*P. excelsa*, Cot. 9—11, ca. 30—36 mm lang, blau-grün. Ganze Pflanze und Cot. zart.

*P. Cembra*, Cot. 9—12, ca. 30 mm lang. Ganze Pflanze und Cot. sehr derb.

*P. Pinea*, Cot. 10—13, ca. 60 mm lang. Ganze Pflanze und Cot. sehr derb.

**3. Primärblätter gezähnt, Cotyledonen aber ganzrandig. *Pinus* (außer den unter a angeführten Arten), gruppirt nach Cotyledonenlänge.**

*Pinus rigida*, 15—20 mm, Cotyledonenzahl ca. 5—6.

*P. silvestris* und *montana*, ca. 20 mm, Cotyledonenzahl (resp. 5—7 und 3—5).

*P. Pinaster*, ca. 28 mm, Cotyledonenzahl 7—9.

*P. densiflora* und *P. Thunbergii* (ca. 30 mm, Cotyledonenzahl 5—7.

*P. Laricio*, ca. 33 mm, Cotyledonenzahl 6—8 (5—10).

*P. ponderosa*, ca. 42 mm, Cotyledonenzahl 8—9.

*P. Jeffreyi* ca. 50 mm, Cotyledonenzahl ca. 10.

ferner *P. parviflora*.

### III. Cotyledonen hypogäisch,

d. h. im Samen unter der Erde eingeschlossen bleibend. Erster Trieb mit vielen typischen Laubblättern erscheinend. Ginkgo.

Nach Lambert sind auch die Primärblätter von *Pinus Lambertiana*, *longifolia*, *canadensis*, *palustris*, *variabilis*, *resinosa*, *inops*, *halapensis* sägezählig oder behaart, so daß wohl alle Kiefernarten an den Primärblättern Haarbildungen tragen. Ob an diesen von Lambert angeführten Arten die Cotyledonen glatt oder behaart sind, ist nicht angegeben.

Ferner fand ich an den Blättern eines Keimlings von *Araucaria imbricata* an beiden Blattkanten kurze Sägehaare ausgebildet.

Die Haarbildungen an den Cotyledonen und Primärblättern sind verschiedener Art.

Zumeist sind die Epidermiszellen der Blattränder von Cotyledonen in kurze kegelförmige oder auch längere, mehrzellige, dickwandige, nach der Blattspitze gerichtete Haare ausgewachsen. Doch kommen auch sehr lange, vielzellige, einfache Haare an den Cotyledonen vor, die nicht bloß an den Ranten, sondern auch an den Flächen entstehen wie z. B. bei *Pinus Pinea*. An den Primärblättern treten dieselben Haarformen auf, außerdem kommen hier aber auch Köpfchenhaare vor, wie dies z. B. bei *Pinus Cembra* der Fall ist (cfr. Tfl. I, Fig. 7.).

Nebenbei sei hier noch bemerkt, daß auch an den Stämmchen der Keimlinge schon Haare auftreten können.

### 2. Haarbildungen an den secundären Blättern, den typischen Laubblättern. (Siehe Tfl. I, II, III, IV.)

Wie an den Cotyledonen und Primärblättern, so kommen auch an späteren Laubblättern verschiedene Haarbildungen vor.

Gehen wir zunächst unter den Abietinöen von den *Pinus*-Arten aus, so finden wir bekanntlich die Blattränder vielfach mit ähnlichen Sägehaaren versehen, wie sie bei den Cotyledonen und Primärblättern vorkommen, dieselben sind schon lange bekannt und in alten Werken abgebildet. — Die 2 Nadeln, von denen speziell *Pinus silvestris*, *montana*, *Laricio*, *resinosa*, *halapensis*, *Pinea*, *Brutia*, *densiflora*, *Thunbergii*, *Banksiana*, *clausa* untersucht wurden, besitzen an den 2 Nadelkanten nach der Spitze hin gerichtete Sägehaare; die 3 Nadeln, von denen *Pinus rigida*, *tuberculata*, *Jeffreyi*, *ponderosa*, *Coulteri*, *Taeda* untersucht wurden, haben an den 3 Ranten ebensolche Sägezähne, die hier wie dort bald schärfer und länger oder dichter wie bei anderen Arten und gegen die Nadelspitze am besten entwickelt sind.

Kommen bei den Kiefern der Section *Pinaster*, welche normal nur



2 Nadeln im Kurztrieb haben, Kurztriebe mit 3 Nadeln vor, so haben diese auch 3 Kanten, die alle mit Sägezähnen versehen sind.

Die 5 Nadeln, von denen *Pinus Cembra*, *Strobilus*, *excelsa*, *Toreyana*, *parviflora*, *koraiensis* untersucht wurden, zeigen ebenfalls an den 3 Nadelkanten solche aufrechte Sägehaare; bei den Blättern von *P. koraiensis* hatte die Mittelrippe, welche die 2 leuchtend weißen Spaltöffnungsstreifen trennt, sogar 2 Reihen Haarzähne (Tfl. IV, Fig. 11).

Bei den *Picea*-Arten findet man die Nadeln an jüngeren Pflanzen mit Sägezähnen besetzt, an älteren Trieben glatt. Dies gilt speziell für *Picea excelsa*. Alle Nadeln haben solche Sägezähne in den ersten Jahren. So fand ich sie bei 1, 2 . . . 10jährigen Pflanzen. Sind die Nadeln weniger stark kantig, dann stehen die Zähne nur an 2 Kanten, sonst an allen vier Kanten, selbst noch dazwischen und an der Nadelspitze. Glatt fand ich die Nadeln bei einjährigen Nadeln von *P. alba*, *Morinda*, *sitchensis*.

Die Nadeln alter Pflanzen, besonders die dicken Nadeln der Bäume sind völlig glatt, dagegen zeigen kurz und breit bleibende Nadeln als Uebergänge zu den Knospenschuppen wieder Haare. Dieselben sitzen dem schuppenartig verbreiteten Blattgrunde als immer kleiner werdende Lamina auf. Sie sind aber nicht an allen Knospen zu finden.

Von *Tsuga*-Arten untersuchte ich eine größere Anzahl (Tfl. II u. IV). Ein Theil derselben läßt deutliche, nach vorne gerichtete Sägehaare schon mit der Lupe erkennen. Dieselben befinden sich an beiden Blatträndern und besonders an der Blattspitze. An letzterer stehen sie gehäuft, sind aber daselbst nicht so groß. Sie erscheinen als einzellige, dickwandige Kegelhaare.

Die Angaben in der Litteratur über das Vorhandensein der Blattrandhaare, welche zur systematischen Unterscheidung der einzelnen Arten benutzt zu werden pflegen, gehen aus einander.

Dies hat seinen Grund offenbar darin, daß die Randhaare sich am meisten bei jungen Pflanzen ausgebildet finden, ähnlich wie bei den Fichten.

So ist z. B. das Blatt von *Tsuga Siboldii* bei fruktificirenden Aesten völlig glattrandig, während es an Jährlingen und wohl auch mehrjährigen Pflanzen eine sehr ausgeprägte Randbehaarung, also einen gesägten Blattrand zeigt. Es ist daher die Randbehaarung ebensowenig wie bei den Fichten als sicheres Unterscheidungs-Merkmal zu benützen.

Konstanter scheint dagegen die Zweigbehaarung zu sein und ist *Tsuga Siboldii* meiner Beobachtung nach die einzige *Tsuga*, deren Zweige ganz, d. h. auch bei mikroskopischer Betrachtung unbehaart erscheinen (Köhne giebt dagegen allerdings an, daß das Original Exemplar der *Ts. diversifolia* von Maximovicz kahle Zweige habe).

Ich fand die Zweige behaart, besonders lang und dicht bei *Mertensiana*, *dumosa*, *Pattoniana*, *canadensis*, dagegen bei *caroliniana* nur weniger, bei *diversifolia* nur mit kurzen abstehenden Stachelhaaren versehen. (Ausgerandete

Blattspitzen hatten *Ts. Siboldii* und *diversifolia*, kaum ausgerandete oder glatte hatten *Mertensiana* und *caroliniana*, zugespitzt waren *Pattoniana*, *dumosa* und *canadensis*.

Bei *Pseudotsuga Douglasii* fand ich die Nadeln auch glatt.

Bei den *Abies*-Arten sind die Nadeln im allgemeinen unbehaart, es können aber auch hier Haare an den Nadeln auftreten, so fand ich an den letzten Nadeln der *Abies Webbiana*, welche sich noch über die Knospen legen, kurze zapfenförmige Zellkörper, welche mehrere Zellen lang und 2 Zellen dick sind (Tfl. I, Fig. 14), und einfache Haare.

Noch viel stärker behaart sind die letzten grünen Nadeln der *Abies grandis*. Dieselben krümmen sich über die Endknospen und verstärken deren Schutz; dieselben finden sich in gleicher Weise, wie schon bemerkt, auch bei *Picea* und wurden speziell bei *Picea alba* und *excelsa* beobachtet und gezeichnet (Tfl. V). Sie sind auch bei *Abies* als Uebergänge zu den Knospenschuppen zu betrachten, nur mit dem Unterschiede, daß bei *Abies* die Lamina, d. h. die eigentliche grüne Nadel selbst allmählich schuppenförmig wird, während bei *Picea*, wenigstens sicher die äußeren Knospenschuppen nur von dem vom Zweige abstehenden Theile des sogenannten Nadelkissens oder des Blattgrundes gebildet werden.

Ich fand dagegen keine Haare an den Nadeln der Lärchen (*Larix europaea* und *japonica*) und der Zedern (*Cedrus Deodora* und *atlantica*). Es sind somit Zedern und Lärchen die einzigen Abiotineen, bei deren grünen Blättern eine Haarbildung nicht zu finden war (Cfr. aber Tfl. IX, 11.).

Bei den *Taxaceen* sind Haare auf dem jungen Blattstiele von *Ginkgo biloba* (Tfl. I, 11) ausgebildet. Sie sind zahlreich, weich, lang, einfach und verzweigt, stellen einen wolligen Ueberzug besonders der Innenseite dar. Auf sie hat Berthold l. c. hingewiesen. Aber ich finde, daß schon Zuccarini\*) eine Abbildung gab, aus der diese Behaarung ersichtlich ist.

Die Nadeln von *Taxus* und *Cephalotaxus* waren frei von Haaren. Nur findet man hier bei *Taxus* schon die Zellen und besonders die Zellwand etwas zapfenartig vorgezogen bei den Epidermiszellen in der Umgebung der Spaltöffnungen. Diese Bildungen sind bei *Torreya* zu wirklichen großen Haarbildungen entwickelt. Bei *Cephalotaxus tardiva* sind nach Hildebrand die Zellwände zapfenförmig verdickt. (Tfl. II, 16—22).

Bei den *Taxodiaceen* zeigten *Taxodium distichum*, *Cryptomeria japonica* und *Sciadopitys verticillata* keine Haare am Blattrande, dagegen sind in der Spaltöffnungsregion von *Sciadopitys* die Epidermiszellen zu zapfenförmigen Organen ausgewachsen, jene Erscheinung, die Prantl l. c. als die einzige „schwache Andeutung“ von Haaren an den Coniferenblättern bezeichnet (Tfl. II, 18.).

\*) Zuccarini, Beiträge zur Morphologie der Coniferen. Mit 5 lith. Tfn., Abb. d. II. Cl. d. N. d. Wiff. III. Bd. Abth. III.

Wir haben auf dieselben bei *Torreya* (Tfl. II, 19), wo sie viel stärker ausgebildet sind, schon hingewiesen und finden diese Zapfenhaare schon früher beschrieben und abgebildet.\*) Solche Organe finden sich auch bei den Nadeln vieler anderer Coniferen und auch z. B. bei *Cupressineen*, wenn auch nicht so stark entwickelt.

Bei *Sequoia* (*Taxodium*) *sempervirens* zeigten die Nadelränder besonders gegen die Spitze hin kurze, dickwandige, abgerundete Auswüchse und außerdem bläschenförmig ausgewachsene, zartwandige Epidermiszellen. Diese Bläschenhaare waren theils einzellig, theils saß eine längliche Zelle einer breiteren auf (Fig. 10 Tfl. I.).

Die Blättchen von *Taxodium distichum* zeigten keine Haarbildung.

Bei *Cunninghamia sinensis* ist es lange bekannt, daß der Blattrand gesägt ist. Die Sägestufen werden hier am Blattrande selbst nicht von einzelnen Zellen gebildet. Die äußersten Zellen der Sägestufe aber sind auch hier stachelartig ausgewachsen und sehr dickwandig (Tfl. I, Fig. 13.).

Wir müssen hier nebenbei der haarähnlich verzweigten Stereiden Erwähnung thun, da sie gerade bei *Sciadopitys* besonders schön und groß entwickelt sind und mit ihren langen spornartigen Zweigen weit in die Interzellularräume hinausragen.

Dieselben sind auch bei vielen anderen Coniferen mehr oder weniger differenzirt zu finden. Ihre Zellwände sind sclerenchymatisch verdickt und dadurch hellleuchtend im dunkleren und intercellularreichen Parenchym; auf sie haben auch Mohl, Thomas, Klemm u. A. öfter hingewiesen und sie sind z. B. bei Bertrand l. c. auch schon abgebildet.

Bei den *Cupressineen* findet man die zuerst wohl von Klemm l. c. erwähnten vorgewölbten und bis zu Papillen ausgebildeten Epidermiszellen. Seine bezüglichen Angaben haben wir S. 113 wörtlich citirt. Die einzelnen Spezies verhalten sich auch hierin verschieden. So fand ich die Längsrinnen zwischen den decurrenten Blattbasen an den Zweigen von *Frenela rhomboidea* glatt, während sie nach Klemm und meiner Nachuntersuchung bei *Frenela robusta* zapfenartig ausgewachsene Epidermiszellen zeigen (Tfl. II, Fig. 20.). Der Hohlraum der Rinne wird hiedurch verengt.

Tschirch\*\*) führte übrigens schon unter den Pflanzen, deren Stomata an cylindrischen Organen an den Wöschungen von mit Haaren ausgekleideten

\*) Mohl, Morphologische Betrachtung der Blätter von *Sciadopitys*. Botan. Jtg. 1871. 29. Jahrgang. pag. 1.

Hilkebrand, Der Bau der Coniferenspaltoöffnungen und einige Bemerkungen über die Vertheilung derselben. Bot. Jtg. 1860. 18. Jahrg. Mit 1 Tfl. p. 149.

Bertrand, Anatomie comparée des tiges et des feuilles chez les Gnetacées et les Conifères. Ann. des sc. nat. Bot. 1874. A. 20 pl. 5 u. 10.

\*\*) Tschirch, Ueber einige Beziehungen des anatomischen Baues der Assimilationsorgane zu Klima und Standort unter Berücksichtigung des Spaltöffnungsapparates. Linnäa Bd. IX. 1882.

Längsrinnen liegen, eine *Cupressus spec.* von Australien und *Callitris Preissii* aus den australischen Steppen an.

Ich habe auch die papillenartig vorgewölbten, sehr dickwandigen Epidermiszellen bei den fleischigen Blättern von *Thujopsis dolabrata* untersucht. Dieselben befinden sich am Grunde der Höhlung, die durch Deckung der Blätter entsteht und zwar an beiden Blatttheilen, dem bedeckten und dem bedeckenden.

In ganz schwachem Grade beobachtete ich dieselbe Erscheinung bei *Biota orientalis*. Ebenso bei *Thuya gigantea*, *Juniperus Bermudiana*, besonders stark aber bei *Libocedrus decurrens* (Tfl. II, Fig. 22.).

Genauere Beobachtung derselben macht klar, daß hier die sich deckenden Blatttheile auch zugleich die Spaltöffnung tragenden Flächen sind und daß die Erscheinung der zapfenförmig hervortretenden Epidermiszellen in der Umgebung der Spaltöffnungen hier mit derselben bei *Torreya*, *Sciadopitys*, *Taxus* und anderen übereinstimmt.

Sie erinnern an die gleichen Bildungen bei *Carex* und bei Gräsern wie an die Cuticular-Zapfen bei *Bambus*\*) z. Auch ihre Stellung in Furchen erinnert an ähnliche Bilder bei *Casuarineen*, *Leguminosen* z., die auch in trockenen Gegenden wachsen und den Schutz der vertieften Stellung und der Haarunterstützung für die Spaltöffnungen bedürfen.

Wo die sich deckenden Blätter enden, sind die Zellen oft sehr stark verlängert und sehen am Rande selbst spießartig aus. Sie haben dicke Wandungen. —

Bei *Libocedrus decurrens* fand ich aber außerdem auch am äußeren Blattrande Sägehaare ähnlich wie sie bei den *Pinus*-Nadeln gewöhnlich sind (Tfl. II, Fig. 23.).

Besonders klar ist das Bild bei *Thuja gigantea* (*Menziesii*). Hier sind die Spaltöffnungen in den 2 weißen Streifen der Unterseite und in den Theilen, wo sich die Blätter decken, entwickelt. In letzteren Theilen aber auch auf der Zweigoberseite und zwar auf den sich zuneigenden Seiten beider Blätter.

Es kommen demnach an den assimilirenden typischen Coniferenblättern hauptsächlich Haare an den Blatträndern vor, wie sie auch bei Primärblättern und Cotyledonen gebildet werden. Ferner auf den Spaltöffnungsflächen, wo sie z. B. bei *Sciadopitys* auf Cotyledonen und Primärblättern noch nicht ausgebildet sind. Die Haare an den Blättern der Knosperegion sind denen an den Knospenschuppen selbst zuzurechnen.

\*) vfr. Die Abbildungen in Kerner Pflanzenleben Bd. I. pag. 271, 272 und 275 ! sowie den zugehörigen Text, der sich jedoch nicht auf Coniferen bezieht.

## Die Haarbildungen bei den Chermes-Gallen der Fichten.

(Siehe Tafel III.)

Durch die Haarbildungen auf vielen Coniferenzapfen und die Haarverschlüsse der Zapfenschuppen aufmerksam gemacht, untersuchte ich die zapfenähnlichen Chermesgallen unserer Fichte und fand bei ihnen eine ähnliche Verschlußeinrichtung an den Mündungsrändern der von den Läusen bewohnten Gallhöhlen.

Die gewöhnlichen Chermes-Gallen unserer Fichte bestehen aus gestauchten Trieben. Die Zweigachse ist stark verdickt, die Nadeln sind an ihrer Basis verdickt und mit einander verschmolzen zu einem ananasähnlichen Gebilde.

Man unterscheidet schon lange 2 Gallen-Arten der Fichte. Bei der einen sind die Gallen meist größer und vom Trieb durchwachsen d. h. der Vegetationspunkt hat sich in normaler Weise zu einem Trieb weiter entwickelt.

Die Galle kann ringsum gleichmäßig entwickelt sein, so daß die Zweigachse in der Mitte liegt oder sie kann sich auf einer Seite des auf der anderen unveränderten Triebes befinden. In diesem Falle führt sie meist eine Krümmung des Triebes herbei.

Diese gewöhnlich an der Basis der Maitriebe sitzende Galle, deren Grundfarbe gelbgrün ist, und deren Spaltenränder meist roth erscheinen, wird von *Chermes Abietis* L. (*Ch. viridis* Ratz.) erzeugt. Sie ist auch noch dadurch ausgezeichnet, daß die Nadellamina mehr weniger entwickelt sind. —

Die zweite Form ist kleiner, gelbgrün, meist endständig und höchstens von einem Nadelstumpf gekrönt. Die grünen Nadellamina sind nur sehr klein. Sie wird gebildet durch *Chermes strobilobius* Kaltend. (*Ch. coccineus* Ratzeb.).

Die Gallenbildung wird eingeleitet durch das Saugen eines eierlegenden Mutterthieres an den Knospenschuppen im Herbst.

Nach Dreyfus\*) saugt *Chermes Abietis* stets am Grunde der Winterknospe, *Chermes strobilobius* dagegen in der Mitte oder dem unteren Theile derselben.

Durch die Wucherung des Blattgrundes besonders und der Basis der Blattlamina werden dicke rhombische Schuppen gebildet, welche den ausgebildeten Laminatheil in der Mitte tragen. Sie lassen zwischen sich Hohlräume\*\*), die den im Frühling aus den Eiern geschlüpften jungen Läusen zur Wohnung dienen. Dieselben werden wie die ganze Galle unter dem Einflusse der jungen

\*) Ueber Phylloxerinen. Inaug.-Diss. Leipzig. (Wiesbaden, Bergmann) 1889 pag. 28.

\*\*) Diese Gallhöhlen werden wie es scheint innerhalb des verdickten Nadelstieles und Grundes gebildet, nicht an den Berührungstellen der einzelnen mit einander verwachsenen Nadelbasen. Die Höhle scheint vielmehr durch Ueberwallung von Seiten des wuchernden Nadelstieles gebildet zu sein, wie es bei der unten zu besprechenden Galle von *Picea orientalis* ist. Leider besitze ich kein genügendes, junges Material, die Entwicklung dieser Bildung nachsehen zu können.

Brut erweitert. Ihre wulstförmigen Ränder aber sind mit Haaren dicht bedeckt. Die Haare greifen in einander und bilden einen festen Verschluss der Spalten. Ein Verwachsen findet nicht statt. (Tafel III, 1, 2, 3, 4, 5 und 7.).

Sie sind es auch, welche veranlassen, daß die Spaltenränder bei den Chermes-Abietis-Gallen meist roth erscheinen. Sie besitzen nemlich bei dieser Galle einen rothen Zellinhalt. Diese vernähten Spaltenränder öffnen sich in gleicher Weise wie die auf ähnliche Weise durch Haare verschlossenen Schuppenränder vieler Coniferenzapfen durch Verholzen und Vertrocknen der ganzen Galle. Hierbei vertrocknen auch die Haare, die Spalten vergrößern sich mundartig und gewähren Platz für die auswandernden Läuse. Der Haarverschluss der Gallenräume erinnert vollständig an ähnliche Bilder bei vielen Gallen anderer Pflanzen und von normalen Falten und Höhlen derselben.

Während die Spalten oder Lippen der Gallenräume sehr stark behaart sind, findet man auf der übrigen Gallenoberfläche weniger und stets farblose Haare. Dieselben sind offenbar ein Schutz gegen Verdunstung für das zarte, schwammige Gewebe der Galle. Das Roth ist vielleicht eine Schreckfarbe.

Bei Durchsicht der Litteratur finde ich übrigens auch über die Anatomie dieser Gallen und die hierbei auftretenden Haare an den Mündungen der Höhlen schon genauere Angaben von Willibald Winkler „Zur Anatomie der durch die Fichtenrindenlaus an Fichten Zweigen entstehenden Zapfengallen.“ *Desterr. botan. Zeitschr.* 1878 p. 7 und *Allgem. Forst- und Jagd-Ztg.* 1878 p. 368. Dasselbst sind auch über die weiteren anatomischen Eigenthümlichkeiten der Gallen Angaben gemacht. —

Auf fremden Fichten wurden ebenfalls Chermes-Gallen gefunden. So *Chermes strobilobius* auf *Picea Engelmanni* von Cholodkowski, auf *Picea rubra* var. *coerulea* von Glafer, auf *Picea alba* von Keller und Ropp.

Ich fand sie auf *Picea alba* in München, auf *Picea Morinda* in Bozen.

In der *Flora japonica* von Zuccarini ist eine auf *Picea jesoensis* abgebildet.

Dreyfuß fand *Ch. Abietis* auf *Picea orientalis*, *nigra*, *monstrosa*, *rubra*, *sitchensis*, *Engelmanni*, Keller auf *P. alba*.

Ich fand nun aber an *Picea orientalis* eine Chermesgalle, welche völlig von den an unseren Fichten häufigen Gallen abweicht.

Die Triebe sind zwar gestaucht, aber nicht so stark, wie bei den bekannten Gallen.

Ergriffen sind die Triebenden, welche später absterben. Die einzelnen Nadeln sind aber nicht zu einem ananasähnlichen Gebilde verschmolzen, sondern einzeln frei geblieben.

Die Lamina der Nadeln sind zum großen Theile unverändert, normal, der Blattstiel dagegen trägt die Galle, so daß also alle Gallen vereinzelt sind. Jedoch steht eine große Zahl beisammen.

Betrachten wir eine völlig entwickelte Gallenkolonie mit geöffneten Kammern: Die Sprossachse trägt rechtwinklich abstehend den stielartig veränderten Blattgrund. Derselbe erscheint etwa wie der Stiel der schildförmigen Schuppen eines Cyperenzapfens. Dieser Blattgrund verläuft in den Blattstiel, welcher eine rechtwinkliche Biegung macht, so daß die grüne Nadel, die Lamina, nun wieder parallel der Triebachse steht. Der Blattstiel aber trägt nach oben gerichtet die Gallenhöhlung, welche von einer Oberlippe und 2 Seitenlippen überschirmt und vorher wohl geschlossen war. Nach rückwärts d. h. nach unten trägt der Blattstiel einen wie der Helm und die 2 Seitenlippen gebildeten sporenartigen Auswuchs. Alle diese 4 Lappen sind wollig behaart.

Nadeln, welche mehr gegen die Spitze des beeinflussten Triebes stehen, haben eine verkümmerte Lamina, die bis zu ihrer Spitze dicht behaart ist.

Andere sind besser entwickelt und weniger behaart. Wieder andere sitzen dem normalen Blattgrunde (Blattkissen) auf, besitzen aber einen dick angeschwollenen und dicht behaarten Blattstiel, ihre Lamina ist normal und steht auch in der normalen Richtung vom Trieb ab.

Die Haare am Blattstiel sind lang und dünnwandig und zum Theile mehrzellig, die an der Lamina dickwandig und zugespitzt.

Die ganze Behaarung erscheint bei der geöffneten Galle braun.

(*cf.* Tfl. III, 8—13.).

Durch die vorzüglichen Litteraturangaben Mitsches in seinem auch dem Botaniker höchst werthvollen Lehrbuch der Mitteleuropäischen Forstinsektenkunde wurde ich darauf hingeführt, daß von Dreyfus in der schon citirten Abhandlung eine *Chermes orientalis* auf *Picea orientalis* erwähnt ist und daß Mitsche dieselbe häufig im Forstgarten zu Tharand fand.

Dreyfus gibt l. c. über die Gallen an *Picea orientalis* leider nur 2 Sätze: „An einem Triebe der Sapindusfichte, *Picea orientalis*, hatten sowohl *Ch. abietis* wie *Ch. strobilobius* die Knospen, an denen sie saugten, in für sie charakteristische, nur durch die Natur des Baumes etwas modificirte Gallen auswachsen machen, während an der Basis einzelner Nadeln nicht weit davon *Chermes orientalis* durch sein Saugen nicht die geringste wahrnehmbare Veränderung verursacht hatte. (Die Stamm-Mutter saugt hier an dem Stiel der Nadeln)“ — der zweite Satz besagt: „Daß das Saugen desselben Thieres an ganz nahe verwandten Bäumen verschiedene Gallen hervorbringt wie ich es bei denselben *Chermes* Arten für *Picea excelsa* und *orientalis* constatirt habe“.

Demnach schreibt Dreyfuß die lockere Galle der Sapindusfichte nicht seiner neuen *Ch. orientalis* zu, wie dies Mitsche verstanden hat. —

Als weitere Arten hat Cholodkowskî eine der *Ch. strobilobius*-Galle ähnliche Fichtengalle, die aber niemals Blattstich trägt, einer besonderen Art „*Ch. coccineus* Ratz.“ und eine lockere Fichtengalle einer neuen Art

„*Ch. sibiricus*“ zugeschrieben und beide zunächst in Rußland beobachtet. Ueber ihre Behaarung ist zunächst nichts bekannt. —

Ich fand aber noch eine weitere Galle an Zweigen der *Picea Alcockiana* Carr. [syn. *Picea bicolor* (Maxim.)], welche Professor Grassmann in Japan gesammelt hatte. Diese Gallen weichen vollständig von allen anderen dadurch ab, daß sämtliche Nadeln der compacten Galle ganz gleichmäßig und vollständig umgewandelt sind. Es ist kein Theil mehr als Lamina ausgebildet. Die Galle trägt nach außen dicke pyramidenförmige, an der Spitze etwas nach oben gekrümmte Erhöhungen, welche an ihrer breit rhombischen Basis an einanderschließen, an einzelnen Stellen aber runde Oeffnungen zwischen sich lassen als Eingänge zu den Gallhöhlen. Die Pyramiden sind von oben bis zur Basis, wo sie an einander schließen, mit kurzen Papillen bedeckt. Die stark verholzte Galle zerbrach leicht wie Kohle im Innern und gestattete keine genauere Untersuchung. Stellt es sich heraus, daß sie — was von vornherein am wahrscheinlichsten ist — von einer besonderen Chermes-Art gebildet wird, so dürfte diese wohl als *Chermes Alcockianae* zu bezeichnen sein, sofern sie noch nicht benannt ist (cfr. Tfl. III, 14, 15, 16.). —

Wir sehen demnach, daß bei den Chermesgallen unter dem Einflusse, welcher die ganze Galle zu Stande bringt, ein Verschluss der Gallenräume bei *Ch. Abietis* und *strobilobius*, eine dichte Behaarung der gallbildenden Ueberwallungswulste des Blattstiemes bei der lockeren *Sapindusfichtengalle* und eine Behaarung einzelner Laminas selbst bis zur Blattspitze eintritt.

Wie die Bildung der Galle muß auch die Behaarung derselben als Erscheinung der Anpassung betrachtet werden, die ausschließlich bei den gallenerzeugenden Chermesarten vorkommt. Durch keine andere, auch an Coniferenblättern saugende Chermesgeneration, durch keine Verletzung irgend eines Insektes, durch keine Erkrankung in Folge des Einflusses eines parasitären oder symbiontischen Pilzes, auch nicht bei Pilzgallen, wird eine Behaarung von Blättern irgend einer Coniferen-Art hervorgerufen.



## II.

## Haare an den Knospen der Coniferen.

(Hiezu Tafel IV, V und zum Theil IX.)

Nach unserer ersten Übersicht hätten wir als zu den Blättern gehörig die Knospenschuppen allein hier zu besprechen. Wir ziehen es aber vor, die Haare an Achsentheilen der Knospen mitzubespochen und die Haare der Knospen somit einheitlich zu behandeln. Es kann uns dies nicht hindern, erst nach diesem Kapitel die Übersicht über die Haare der Coniferenblätter einschließlich der Knospenschuppen folgen zu lassen. —

Aus der Litteratur war mir bekannt, daß auch den Knospenschuppen Haarbildungen abgesprochen werden.

So sagt Schumann in seiner Abhandlung „Anatomische Studien über die Knospenschuppen von Coniferen und dicotylen Holzgewächsen“ (Bibliotheca botanica 1889): „ . . . Viel häufiger aber, ja fast allgemein verbreitet auf der Epidermis der Knospenschuppen sind Haarbildungen; dieselben fehlen nur bei den Coniferen.“ — Da mir nun andererseits aus eigener Anschauung Haare an Coniferenknospenschuppen bekannt waren, suchte ich nach weiteren Litteraturangaben, fand aber nur wenige.

Henry\*) giebt über Haare an Knospenschuppen der Coniferen nur an, daß die äußeren Schuppen bei *Picea nigra* an den Rändern und Rückennerven kurze borstenartige Haare zeigen und daß die holzigen äußeren Knospenschuppen mancher *Abies*-Arten mit kurzen Haaren besetzt wären.

Busse\*\*) konstatiert dieselben für die Weißtanne, *Abies pectinata* mit den Worten: „Eben solche Papillen und Haare wie an der Achse zeigen sich in reicher Zahl an denjenigen oberen Blattanlagen, welche zu Knospenschuppen werden, wohl um diese, so lange sie sich noch im zartesten Zustande befinden, in ihrer Funktion als Schutzmittel des Vegetationspunktes zu unterstützen.“

Grüb\*\*\*) konstatiert ausdrücklich, daß unter der großen Zahl der von ihm untersuchten unter pag. 4 aufgezählten Coniferen nur 3 Haarbildungen auf der Knospenschuppenunterseite zeigten, nemlich *P. Combra*, *P. Strobis* (aber nur sehr wenig), und *Abies nobilis*. Er giebt ferner an, daß die Randzellen der Knospenschuppen bei *Larix sibirica* Ledeb. in Haare aus-

\*) Henry, Beitr. zur Kenntnis der Laubknospen, 2. Abth. Coniferen (1837) in Leop.-Carol.-Abd. d. Naturf. 11. Bd. 1839.

\*\*) Busse, Beiträge zur Kenntnis der Morphologie u. Jahresperiode der Weißtanne. Znaug.-Diff. Flora 1893.

\*\*\*) Grüb, Die Knospenschuppen der Coniferen und deren Anpassung an Standort und Klima. Znaug.-Diff. 1885.

wuchsen. Endlich sah er noch die Haare in den Schuppenachseln bei *Sciadopitys*. Die gleiche Bildung bei *Larix*, die Blatthaare bei *Ginkgo* wie Schuppenhaare so vieler anderer Coniferen sind auch ihm entgangen. —

Es schien daher lohnend, eine größere Anzahl von Coniferentknoſpen auf den Schutz durch Haare zu untersuchen.

Nicht alle Coniferentknoſpen sind durch Schuppenblätter geschützt. Aber zunächst haben sämtliche *Abietinoen* und *Taxaceen* Knoſpenschuppen. Somit kommen allen einheimischen Coniferen mit Ausnahme von *Juniperus* behüllte Knoſpen zu. Mit ihnen werden wir uns daher hauptsächlich zu beschäftigen haben. Aber außerdem haben auch *Sciadopitys* und mehrere Arten von *Podocarpus* (z. B. *P. coreana* und *salicifolia*) Knoſpenschuppen.

Es haben hierauf auch Th. Hartig „Über die in der Belaubung bestehenden Unterschiede der bei uns im Freien ausdauernden Cyressen“ 1874 und Goebel „Beiträge zur Morphologie und Physiologie des Blattes“ Botan. Jtg. 1880 aufmerksam gemacht. Unter den *Cupressineen* sind sehr viele Arten und Gattungen mit nackten Knoſpen, wie denn überhaupt die Knoſpenschuppen da fehlen, wo die Blätter selbst schuppenförmig ausgebildet sind. Dagegen haben die Arten mit nadelförmigen und blattartigen Assimilationsorganen zumeist auch behüllte Knoſpen. Nackte Knoſpen haben außer den *Cupressineen* die *Taxodioen*, *Araucarioen*, *Podocarpeen*, (mit Ausnahme von *Sciadopitys* und einiger *Podocarpus*-Arten).

Während nun aber die Arten mit Schuppenblättern, wie die meisten *Cupressineen* den Trieb mit kleineren Blättchen schließen und aller die Knoſpe deckenden Blätter entbehren, wird diese bei anderen Arten von am Ende der Triebe dicht gedrängt stehenden, aber grünen, assimilirenden Blättchen geschützt. So bei *Picea* z. B. wird auch die behüllte Knoſpe noch außerdem von einer dichten Lage sich spirallig anlegender breiter und flacher Nadeln umgeben. Einen Übergang von echten Knoſpenschuppen zu schützenden, gehäuften Laubblättchen zeigen die Knoſpen von *Sequoia sempervirens*. Am Ende der Zweige stehen die allmählich kleiner werdenden Blättchen gehäuft und umgeben die Knoſpe. Bei der Triebstreckung im Frühjahr werden die untersten dieser Blätter trockenhäutig und bleiben im engen Büschel beisammen, während die inneren Blättchen am jungen Triebe hinaufücken und allmählich an Größe zunehmen. Da gegen den Herbst zu wieder kleinere Blätter gebildet werden, hat jeder Trieb die längsten Blätter in der Mitte, die kürzesten am Anfang und Ende.

Auch *Sciadopitys* nimmt eine Mittelstellung ein, indem seine Langtriebknoſpen beschuppt, die Kurztriebknoſpen aber nackt sind. —

Beginnen wir unsere Betrachtung bei den *Abietinoen*, welche sämtlich Knoſpenschuppen besitzen.

Die Fichten haben einfache Blätter (Nadeln), der Blattgrund ist als sogenanntes Nadelkissen ausgebildet. Dasselbe deckt einen großen Theil der

Zweigoberfläche und bleibt mit dem Zweige ständig verbunden, während der Blattstiel und die Blattlamina, also die grüne Nadel, nach wenigen Jahren abfällt.

Diese Blattkissen, welche oft die ganze Zweigoberfläche bedecken, haben einen schräg vom Zweige abstehenden Theil von meist rhombischen Querschnitt. Die Form der Nadelkissen und ihre Größe ist aber bei den einzelnen Arten sehr verschieden und wechselt sogar am selben Baume ebenso wie die Nadelform.

An den Knospen, besonders den Gipfelknospen stehen die Blattkissen gehäuft und weit ab. Sie sind es offenbar, welche die äußersten Knospen-schuppen bilden. Daß die äußeren, sehr derben und dicken Knospen-schuppen vom Blattgrunde gebildet werden, ist auch aus ihrer anatomischen Übereinstimmung mit demselben zu schließen.

Vielfach findet man in der Knospenregion Blätter, deren Blattgrund normal entwickelt ist, deren Lamina aber immer kleiner und kleiner, breit und schuppenförmig erscheinen und die, obwohl noch typische grüne Nadeln, bereits Randbehaarung zeigen. Bei den nächsten, wirklichen Schuppen dürfte die Lamina bereits völlig verkümmert sein.

Bei vielen Arten sind die Nadelkissen behaart.

Bei vielen Arten sind aber auch die typischen Knospen-schuppen behaart. So besonders auffallend bei *Picea nigra* (Tfl. V, 8.). Die sehr langen Knospen-schuppen tragen große, unverzweigte, aber 2—3zellige, dickwandige, zugespitzte Haare und außerdem noch Köpfchenhaare. Aber auch die sehr zarten und dünnen Innenschuppen der Fichtenknospen haben Haare, besonders an ihrem Rande, welcher an der Knospen-spitze eingebogen ist. Es wird auf diese Art durch die Haare die Knospen-spitze besonders stark gedeckt. Die Haare werden aber nicht bloß am äußersten Knospenrande gebildet, sondern auch auf den Flächen der Knospen-schuppen, wie dies aus den Abbildungen hervorgeht. Es ist dies weniger leicht bei Schnitten zu sehen, als wenn man die Schuppen frei präparirt und aufstellt.

Behaarte Knospen zeigte außer *Picea nigra* und *orientalis* (Tfl. V, 7) noch *Picea excelsa* (Tfl. V, 1), *Morinda* (Tfl. V, 2, 3), *Alcockiana*, weniger *alba* (Tfl. V, 4, 5).

Dagegen fand ich keine Haare bei *P. ajanensis*, *Glehni*, *polita*. Es mögen vielleicht an anderen Exemplaren doch Haare auftreten. —

Während die Knospen der Fichten trocken bleiben und ihre durch Harz nicht verklebten Schuppen leicht von einander zu trennen sind, werden die Knospen-schuppen der Weisstannen durch Harz mit einander verklebt. Bei manchen Arten sind die Knospen völlig mit Harz überzogen und auf diese Art vorzüglich geschützt.

Untersucht man die Knospen-schuppen unserer Tanne, *Abies pectinata*, so findet man die äußersten (untersten) Knospen-schuppen behaart. Ferner sind die zarten Innenschuppen am Rande behaart, d. h. die Schuppe verschmälert

sich gegen den Rand hin, dessen Zellen sich in einzelne haarförmige Fäden isoliren und so jedenfalls dieselbe Funktion wie andere Haare verrichten. Auch *Abies cephalonica* bildet Haare an den Knospenschuppenrändern.

Die Nadeln der Tanne besitzen einen kurzen Blattgrund, der scheibenförmig der Achse aufsitzt und wie der Blattstiel mit der grünen Nadel in Verbindung bleibt und mit ihr nach mehrjährigem Leben abfällt, eine runde Narbe am Zweig zurücklassend.

Wie zuerst Goebel l. c. nachwies, entstehen die Knospenschuppen der Tanne aus Laubblattanlagen, die auf einer frühen Entwicklungsstufe stehen bleiben und vertrocknen.

Bei *Abies*-Arten kommt es, wie schon früher erwähnt, auch vor, daß die letzten grünen und vollkommen ausgebildeten, die Knospen deckenden Nadeln behaart sind, während alle anderen Nadeln völlig glatt waren, eine Erscheinung, auf die ich auch bei der Fichte schon hinwies (cfr. Tfl. IV 5 6, 7, 8.).

Dagegen fand ich die Knospenschuppen der männlichen Blüten von *Abies pectinata* unbehaart und nur die Ränder der inneren Schuppchen in haarförmige Zellen aufgelöst.

Bei der Douglasanne, *Pseudotsuga Douglasii*, welche auch, wie die Fichten trockene Knospen hat, zeigen die Schuppen keine Behaarung auf den Außenseiten, sondern es löst sich der Rand der inneren Schuppen wie bei den inneren Tannenkospenschuppen haarförmig in lange Einzelzellen auf.

Bei *Tsuga Sieboldii* und *diversifolia* sind die Knospenschuppen am Rande zart behaart.

Bei *Tsuga canadensis*, deren Triebe, Blattstiffe und Blätter behaart sind, haben auch die Knospenschuppen eine ausgiebige Behaarung besonders am oberen Schuppenrande und zwar nicht nur an der Kante, sondern auch auf der Fläche der Schuppenunterseite. Die Haare sind einfach, meist 1zellig, zum Theile 2zellig (Tafel V, 6.).

Die Knospenschuppen von *Ts. Mertensiana* und *dumosa* sind lang wimperig behaart, ebenso sind auch die Knospenschuppen bei *Ts. caroliniana* und *Pattoniana* mit Haaren versehen (cfr. Tfl. IV, 10.).

Bei den *Pinus*-Arten gehen die Knospenschuppen aus Primärblättern hervor. Diese Primärblätter sind aber bei allen untersuchten Arten mit Randhaaren versehen.

Ebenso zeigen die Knospenschuppen — wenigstens die äußeren — reichliche Haare. Dieselben haben im unteren Theile auch Drüsenhaare, und zeigen somit eine Behaarung gleich jener des Stammes, von der sie an ihrer Basis selbst gedeckt werden.

Wo bei *Pinus* z. B. *Pinus silvestris* die Knospen im Winter klein und grün bleiben (an jungen Pflanzen) haben die äußeren Blättchen noch das

Aussehen und die Behaarung beider Blattränder wie typische Primärblätter der Jährlinge.

Bei den zarten Schuppen alter Knospen von *Pinus silvestris* sind aber nur die Schuppenränder in Zellfäden aufgelöst (ausgefranst!).

Bei *Pinus Strobos* sind die äußeren Knospenschuppen sowohl mit mehrzelligen, dickwandigen, einfachen Haaren wie mit Köpfchenhaaren besetzt. Es geht hier sozusagen die Behaarung der Zweigoberfläche auf die Knospenschuppen direkt über.

Ebenso ist es bei *Pinus Cembra*.

Auch bei *Pin. koraiensis* ist der unterste Theil der äußeren Knospenschuppen ebenso behaart wie der Trieb.

Bei *Pinus parviflora* sind Knospenschuppen und andere Schuppenblätter behaart.

Bei *Larix* und *Cedrus* sind wieder Nadelkissen anzutreffen. Es fällt hier die Nadel vom Blattgrunde, welcher am Zweige herabläuft, ab und zwar bei *Larix* (mit Ausnahme der Gipfel junger Pflanzen) nach einem Sommer, bei *Cedrus* nach mehreren Jahren. Die Knospenschuppen scheinen hier wie bei den Fichten vom Blattgrunde gebildet zu werden. Bei *Cedrus* wenigstens verbreitert sich das Nadel tragende Blattkissen in der Knospenregion und erhält beiderseits einen häutigen Flügel wie die Schuppen. Diese Schuppen besitzen auch Randhaare ähnlich jenen von *Abies*. Im Uebrigen waren die Schuppen bei *Cedrus Deodara* und *atlantica* glatt.

Auch sind sonstige Schutzrichtungen der Zedernknospen nicht zu finden. Anders verhält sich die Sache bei *Larix* (sfr. Tfl. IX, Fig. 11—15).

Die Knospen der Lärchenkurztriebe sind überragt von den letzten Blättern, welche sehr lang abstehenden Blattkissen aufsitzen. Diese Blattkissen nun und die zwischen ihnen befindlichen Achsentheile tragen große Mengen sehr langer septirter aber meist einfacher Haare, welche die Blattkissen weit überragen. Da im Kurztriebstamm Knospenschuppen und Blattkissen in Zonen wechseln, sind auch auf einander folgende Haarkränze am Kurztrieb zu unterscheiden.

Ebenso findet man diese Haare unterhalb der Knospenschuppen an der Basis der Langtriebe, welche sich aus Kurztrieben gestreckt haben.

Es scheinen die Haare ein Schutz der Knospen und hauptsächlich der an den Kurztrieben gehäuft stehenden Nadelkissen zu sein und diese vor Verdunstung schützen zu sollen.

An den Nadelkissen der Langtriebe waren keinerlei Haarbildungen und sind ja auch die Lärchenzweige ganz glatt.

*Larix leptolepis* (*japonica*) und *microcarpa* verhielten sich ebenso und dürfte es allgemein bei allen Lärchen gleich sein.

Auch bei *Larix kurilensis* Mayr (syn. *L. dahurica japonica* Maxim.?) fand ich dieselbe Behaarung.

Vergleicht man die Abbildung, welche Richard von *Larix europaea* gibt, so erkennt man an derselben, daß die Behaarung in Loupen-Vergrößerung richtig dargestellt ist, aber doch nicht so, daß sie zweifellos als Behaarung des Blattgrundes der Kurztriebe erkannt werden konnte. (Tfl. IX, 11—15, ferner Tfl. IV, 9).

Im Gegensatz zu den untersuchten *Larix*-Arten, fand ich bei einer Pflanze von *Pseudolarix Kaempferi* keinerlei Haarbildung im Kurztriebe, sondern Blattgrund, Knospenschuppen und Triebrinde gänzlich unbehaart.

Die Knospenschuppen der Zapfen d. h. der weiblichen Blüten sind bei *L. kurilensis*, *europaea*, *sibirica* stark gefranst, indem die einzelnen Randzellen alle von einander getrennt als lange Einzelzellen haarartig abstehen. Bei *L. microcarpa* sind dieselben Schuppen glattrandig.

Von den Podocarpeen besitzen einige *Podocarpus*-Arten (vielleicht auch andere, die ich nicht untersuchte) beschuppte Knospen.

Von diesen hatte *Podocarpus nageia* glatte unbehaarte Knospenschuppen.

Bei Taxaceen sind die behaarten Knospenschuppen von *Ginkgo biloba* (*Salisburya*) zu erwähnen.

Die Haare an den Schuppenrändern haben dieselben auffallenden Formen wie jene am Blattstiel und Blattgrund (Tfl. V, 9 und Tfl. I, 12).

Dagegen fand ich die Knospenschuppen von *Taxus baccata* und *Cephalotaxus Fortunei* unbehaart, auch die Schuppen der männlichen Blüten waren bei *Taxus baccata* unbehaart.

Bei den Taxodiaceen besitzt *Sequoia (Taxodium) sempervirens* Knospenschuppen, deren Behaarung bereits besprochen wurde, ferner *Sciadopitys verticillata*, deren Knospenschutz in ähnlicher Weise wie bei *Larix* ausgebildet ist.

Schon an der Innenseite der Cotyledonenbasis, zur Zeit, in welcher am Keimling weitere Organe noch nicht sichtbar sind, findet man lange, einfache, septirte Haare, welche später braunen Inhalt bekommen und dann leichter an der beiderseitigen Basis der Primärblätter zu sehen sind. Sie hüllen die Vegetationsspitze und jungen Blättchenanlagen ein und schützen sie vor Verdunstung und Ausstrahlung.

Ebenso stehen an den Quirlknospen zwischen den schuppenförmigen Primärblättchen und den Kurztriebknospen, sowie um den Vegetationspunkt dichte und sehr lange Büschel gleicher Haare, in diesem Zustande für das bloße Auge weiß erscheinend. Sie haben die gleiche Funktion wie die an den Keimpflanzen. Auch an älteren Quirlen sind die Haare noch zu finden. (Tfl. IX, 16—18).

Die Araucariaceen haben keine Knospenschuppen, wenn man nicht *Sciadopitys* ihnen zurechnet.

Die Cupressineen besitzen gleichfalls keine Knospenschuppen. —

Betrachten wir die verschiedenen Haarformen und ihr Vorkommen an Laub-Blättern im Zusammenhang, so findet man:

1. Sägehaare an den Blatträndern vieler Coniferen, besonders der Pinus-, Picea- und Tsuga-Arten und zwar an Cotyledonen, Primärblättern und späteren typischen Laubblättern, auch an den Blättern von *Cunninghamia sinensis*, wie an denen von *Libocedrus decurrens*.

2. Fadenhaare sind weit seltener. Sie stehen vereinzelt auf der Cotyledonenoberseite bei *Pinus Pinus* und anderen Arten, sie finden sich als „Wolle“ auf den Blattstielen von *Ginkgo*, sie bedecken weniger dicht die Oberfläche der letzten, die Knospen bedeckenden, Nadeln einiger Tannen- und Fichtenarten wie z. B. *Abies grandis* und finden sich als Knospenschutz auf den Knospenschuppen von Fichten und anderen Coniferen.

3. Blasenhaare findet man am Blattrande von *Sequoia sempervirens*.

4. Drüsenhaare (Köpfchenhaare) tragen die Primärblätter von *Pinus Combra*, ebenso von *Pinus Lambertiana*, wohl auch der Blattstiel bei *Ginkgo*, die Knospenschuppen von *Pinus Strobus* z.

5. Papillen zum Schutze der Spaltöffnungen entstehen aus den Epidermiszellen in der Umgebung der Spaltöffnungen bei zahlreichen Cupressineen, Taxaceen und Taxodieen, vielfach in Furchen, Falten, Vertiefungen der Blätter und ihrer den Stengel bedeckenden Blattkissen.

## III.

## Haare an den Blüthen und Zapfen der Coniferen.

(Siehe Tafel VI, VII, VIII.)

Bezüglich der Haarbildungen bei den Blütheblättern d. h. Zapfenschuppen der Coniferen kann ich zunächst auf meine Arbeit verweisen „Beitrag zur Kenntniss der Morphologie, Anatomie und Entwicklung des Samenslügels bei den Abietineen. Mit einem Anhang über Einrichtungen zum Verschluss der Gymnospermzapfen nach der Bestäubung. Mit 3 Tfln. und 15 in den Text gedruckten Original-Abbildungen,“ welche in den Berichten des Landshuter botanischen Vereines, Landshut, Thomann 1892, zuerst erschienen und im Auszuge in meiner Forstlich-naturwissenschaftlichen Zeitschrift Bd. 2, 1893 abgedruckt ist. Ich habe darin zum ersten Male den Versuch gemacht, die Verschlussarten der Coniferenzapfen aller Familien und der meisten Genera vergleichend zu untersuchen und für viele Arten speziell zu beschreiben.

Man ersieht aus derselben, daß zum Schutze gegen zu starke Transpiration, wohl auch gegen Eindringen von Wasser, Staub u. ein Verschluss der Zapfen vieler Coniferen nach der Bestäubung erfolgt und daß dabei Haarbildungen sehr verschiedener Art eine Rolle spielen. Als Schutz gegen Verdunstung dürften insbesondere auch die Haare auf der Außenseite der Zapfen vieler Abietineen zu betrachten sein. Derselbe wird vielleicht auch durch die großen, zurückgeschlagenen Prakteen mancher Arten (*Abies nobilis* z. B.) bewerkstelligt. Bei anderen Arten wie bei *Pinus* wird dafür eine entsprechend derbe Epidermiswand der Zapfenschuppen gebildet.

Auch mag der vollständige Harzüberzug, der bei gewissen Arten die Laub- und Blüthenknospen deckt (z. B. bei *Abies balsamea*), ein Schutz gegen Transpiration sein, während die Harzbäche, die am reifenden Zapfen herabrinne, kaum dahin zu rechnen sind.

Mit den Haarbildungen der Coniferenzapfen oder mit den Verschlusseinrichtungen der Zapfenschuppen hatte sich vorher keine Arbeit speziell beschäftigt. Es finden sich jedoch hierüber in der Literatur, wenn auch nicht viele, so doch einzelne bemerkenswerthe Angaben.

Die älteste und erste Angabe, welche ich finden konnte, besteht in einer Abbildung der Früchte von *Juniperus communis* im anatomischen Atlas der pharmaceutischen Waarenkunde von D. Berg . . . . Tfl. 44. Zwischen den einzelnen Schuppen sind Papillen gezeichnet, die sich aber fälschlicherweise nicht berühren. Dies ist jedoch offenbar nur ein Fehler der Zeichnung, denn im Texte ist der Ausdruck „verwachsene Naht“ für diese Ränder gebraucht.

Später hat G. Kraus in seiner Dissertation „Über den Bau trockener Pericarpion“ Pringsheims Jahrbücher 1866 in einer Anmerkung die Bemerkung gemacht „daß die Zapfenschuppen der Coniferen nach der Blüthe sich schließen und ihre Ränder durch dickwandige Papillen (Haltpapillen) fest in einanderfügen.“



Genauere Angaben macht Strasburger (Die Coniferen und Gnetaceen 1872) über *Biota orientalis* p. 26: Die Schuppen . . . sind auf den Innenrändern . . . fest untereinander verbunden. Die Verbindung besteht in einer Verlängerung und dem Ineinanderwachsen der sich gegenüberliegenden Oberhautzellen und die relative Festigkeit derselben in dem Umstande, daß diese Zellen nachträglich an ihrem Scheitel keilförmig anschwellen."

Er giebt auch S. 32 und Tfl. IV die gleiche Verwachsung der Schuppenränder (im obersten Theile) von *Juniperus* an.

Berthold sagt (1875, l. c.): „Der Blattstiel von *Salisburia* zeigt an seiner Unterseite kurze dicke Drüsenhaare. In ähnlicher Art lassen sich auch die Haare an den Fruchtblättern von *Thuja* erkennen."

Dagegen hat besonders Kramer in seinen „Beiträgen zur Kenntnis der Entwicklungsgeschichte und des anatomischen Baues der Fruchtblätter der Cupressineen und der Placenten der Abietineen" Flora 1885, — eine Abhandlung, die mir erst kürzlich in die Hand gekommen ist — auf die Haarbildungen bei Coniferen aufmerksam gemacht, indem er sowohl auf die Haare in den Placentaachsen der Lärchenblüthen, wie auf die papillenartigen Epidermisauswüchse der Fruchtblätter bei *Thuja occidentalis*, *Biota orientalis* und *Juniperus communis* und die Verwachsung hiedurch hinwies. Er erwähnt ferner die Haare auf den Schuppen von *Pinus excelsa*, *Cembra* und *Strobus*, mit welchen die Schuppen verwachsen und endlich Häärchen am oberen Ende der Weißtannenzapfenschuppen. Er corrigirt auch zugleich die unrichtige Ansicht von der Haarfreiheit der Coniferen. Seinem Thema entsprechend hat er jedoch die Haarbildung nur nebenbei beobachtet und nicht weiter bei einer größeren Anzahl von Arten oder an anderen Organen wie den Zapfen untersucht. —

Bei Schacht (Der Baum 1860) und Luerßen (Handbuch der systematischen Botanik) wird der Verschuß der sich an einander legenden Zapfenschuppen von *Pinus silvestris* und *montana* ausdrücklich dem Verkleben durch Harz zugeschrieben. Ebenso hält Beckstein (Forstbotanik 1821) die Lärchenzapfen für verkittet durch Terpentin.

Derselben Ansicht für die *Pinus*-Arten ist auch Strasburger (Coniferen und Gnetaceen 1872, S. 267): „Gleich nach erfolgter Bestäubung nehmen die Schuppen bedeutend an Dicke zu; die Achse streckt sich nicht in entsprechendem Maße und so legen sich die Schuppen mit ihren Rändern aneinander und verschließen den Zugang zu den Blüthen. Eine gleichzeitige Harzabsonderung hilft die Schuppen zu verkleben." —.

Betrachten wir nun, unsere früheren Beobachtungen und neue zusammenfassend, die Haare der Coniferenzapfen im Zusammenhang.

Gehen wir von den Cupressineen aus, bei welchen der Zapfenverschluß durch Papillen zuerst beobachtet wurde und zwar von dem zu allererst beachteten *Juniperus*. Wie aus der Zeichnung (Tfl. VI, Fig. 1) für

Juniperus ersichtlich ist, legen sich die oberen Blätter des Zapfens eng an einander, entwickeln im oberen Theile der Schuppen dickwandige Papillen, welche zwischen einander greifen, wie die Finger der einen Hand zwischen die der anderen gelegt werden. So bei Juniperus verbreitern sich die Enden der Papillen so, daß sie wie die sogenannten Schwalbenschwänze zweier in einander verzinkter Bretter zwischen den Papillen des gegenüber liegenden Schuppenrandes festsetzen.

Weiter nach innen gegen den von den Schuppen gebildeten Hohlraum, in welchem die Samen sitzen, werden die Papillen immer kürzer bis die Epidermiszellen gar keine Vorwölbung mehr zeigen und der Schuppenrand ganz glatt ist. Ebenso ist die Epidermis auf der Außenseite des Wachholderzapfens völlig glatt.

Die Haare haben hier also lediglich die Aufgabe des Verschlusses der Ränder.

Da bei Juniperus der Zapfen fleischig, also beerenartig wird, löst sich der Verschuß nicht mehr und die Samen werden erst nach Verwitterung der fleischigen Zapfenschuppen frei oder dadurch, daß der Beerenzapfen gefressen wird.

Diese Darstellung der Schuppenverwachsung durch Papillen finde ich in keinem Lehrbuche der Botanik erwähnt, obwohl sie für die Vorstellung des „Verwachsens“ sehr wesentlich ist. Die gleiche Art des Papillenverschlusses fand ich bei Juniperus communis, Oxycedrus, Bermudiana, Sabina.

In derselben Art wie diese Beerenzapfen werden auch die Schuppen der trockenen Zapfen bei den verschiedenen Cupressineen durch Papillen verschlossen. Bei ihnen öffnen sich die reifen Zapfen, indem beim Verholzen der Schuppen und Vertrocknen der Papillen, der Verschuß gelöst und die Schuppen auseinandergebogen werden.

Juniperus am nächsten steht wohl Cupressus. Bei Cupressus funebris (Zfl. VI, 3) z. B. entwickeln die Schuppenränder in einander greifende dickwandige Papillen. Dieselben sind aber am Ende nicht verbreitert und können hiedurch schon leichter wieder auseinander weichen. Gegen den die Samen bergenden Innenraum verschwinden die Papillen allmählich, an der Zapfenoberseite bildet die Epidermis durch ganz kurzes Vorwölben der Zellen nur eine wellige Erhebung.

Ebenso ist es bei Cupressus torulosa (Zfl. VI, 10) und wohl allen anderen.

Ganz ähnlich auch bei den von mir untersuchten Arten von Thuja (occidentalis, plicata, Menziesii), Thujopsis (dolobrata), Biota (orientalis Zfl. VI, 8), Libocedrus (decurrrens Zfl. VI, 9), Chamaecyparis (Lawsoniana, pisifera, nutkaensis), Actinostrobus.

Doch sind gewisse Unterschiede wohl zu konstatieren.

Von den Taxodiëen untersuchte ich:

Sequoia sempervirens und Taxodium distichum, welche beide ohne jede Papillenbildung der Zapfenschuppen sind, ihre Zapfen sind also auch auf den Außenseiten völlig unbehaart. Die Epidermiszellen der ersteren zeigen kaum geringe Vorwölbungen.

*Cryptomeria japonica* und *Wellingtonia gigantea* haben dagegen Randbehaarung der Schuppen; *Sciadopitys verticillata*, die auch an anderen Schuppentheilen behaart ist, zeigt Papillenverschluß der Schuppen (Tfl. VI, 7.).

Bei *Cryptomeria* wölben sich die Schuppenoberflächenzellen an einigen Theilen der Außenseite und der Innenseite papillär zu kurzen Haaren vor.

Viele durch Berührung von Schuppen entstandene Buchten sind hiedurch fester geschlossen.

Auch *Glyptostrobus* (*heterophyllus*) besitzt Papillen an den sich bedeckenden Schuppentheilen, dieselben sind aber zartwandig, an der Spitze abgeplattet und greifen nicht völlig zwischen die gegenüberliegenden ein.

Von *Araucariaceen* fand ich am Rande der fast ganz glatten Zapfenschuppen bei *Cunninghamia sinensis* kurze Regelhaare, die für den Verschluß nicht in Betracht kommen. Auch auf der Schuppenaußenseite sind keine Haare, dieselbe ist vielmehr glatt und glänzend.

Bei den Zapfen von *Araucaria imbricata* fand sich keinerlei Behaarung. Dagegen zeigten die Zapfenschuppen von *Agathis* beiderseits auf den sich bedeckenden Theilen kurze Haare (Fig. 8, Tfl. VIII).

Besonders verbreitet sind die Zapfenschuppenhaare bei den *Abietineen*. Sie treten einerseits auf als Organe zum besseren Verschluß oder gar zur Verwachsung der Zapfenschuppen nach der Bestäubung, anderseits als Schutzmittel gegen Verdunstung für die Außentheile der Zapfenschuppe. Auf der Zapfenaußenseite erscheinen sie besonders bei den weicheren Schuppen, während sie natürlich da fehlen, wo die Schuppen sehr hart und fest und glänzend ausgebildet sind. —

Als Verschlußorgane funktionieren sie am wirksamsten bei den *Pinus*-Arten.

Bei ihnen ist auf den Blütheschuppen noch keine Behaarung entwickelt. Kurz nach der Bestäubung aber pressen sich die Schuppen der Blüthe dicht an einander und verwachsen fest mit einander, so daß sie nicht mehr von einander abgelöst werden können. Ein Verkleben durch Harz findet — entgegen einer verbreiteten Ansicht — dabei nicht statt.

Die Verwachsung der auf einander liegenden Schuppentheile wird aber durch Haare, die sich unterdessen entwickelten, bewerkstelligt.

Auf den sich berührenden Schuppentheilen wachsen zartwandige Papillen sich entgegen, berühren sich, flachen sich ab und verwachsen mit einander zu einem parenchymatischen Gewebe, welches einen so festen Kitt darstellt, daß die Zapfenschuppen leichter in der Gefäßbündelregion zu spalten, als an ihrer natürlichen Oberfläche von einander zu trennen sind. Erst bei eintretender Verholzung und Vertrocknung der reifenden Zapfen stirbt dieses Kittgewebe ab und zerreißt unter dem Zuge der schwindenden Zapfenschuppen. Die Samen und ihre bis zur Reife mit der Schuppeninnenseite verwachsenen Flügel bleiben von Anfang an unbehaart.

Diese Verhältnisse wurden bei einigen Arten speziell untersucht.

Von *Pinus excelsa* (Tfl. VI, 2) sammelte ich junge Zapfchen im März, fast reife im September und reife Ende Oktober in Bozen.

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 papillenfrem 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 gewaltigem Öffnen lassen sich die Flügel schon von der Schuppe lösen, dagegen ist der oberste Innenrand der Schuppe 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 scharbengelber Farbe sind. Die alten Zapfen, die man noch an Ostern an den Bäumen findet, werden bald grau-braun.

Bei *Pinus Strobis* 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 von einander 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 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* und *silvestris*. Die von Haaren bedeckte Partie ist nach dem Bau der Zapfen eine verschiedene, da eben nur die wirklich aufeinander passenden Schuppenteile mit einander verwachsen, die abstehenden Schuppenränder aber von Haaren frei bleiben.

So wird z. B. bei *Pinus Pinœa* (Tfl. VI, 4) 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. 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. —

Die behaarte und nach der Blüthezeit verwachsende Region der Zapfenschuppen ist bei den meisten *Pinus*-Arten nur schmal. Sie beginnt ja erst oberhalb der Samen und Samenflügel und reicht in der Regel nicht bis zum äußersten Schuppenrande, welcher vielmehr auch auf der Schuppeninnenseite bei vielen Arten frei, verdickt und glatt glänzend ist. So ist es bei den meisten 2 und 3 nadeligen Kiefern. Bei den Föhren der Sektion *Strobos* ist die behaarte Fläche größer und greift zwischen den Samenflügel und rechts und links von denselben weiter herab.

Auch bei *Pinus Cembra* ist sie ziemlich ausgedehnt. Die Zapfen dieser Holzart sind auf der Außenfläche und dem freien Innentheil der oben unverwachsenen abstehenden Samenschuppe mit ein- bis mehrzelligen dickwandigen Haaren versehen. Dieselben werden auf der Innenseite länger und dünner im unteren Theile bis zu der Stelle, wo die Schuppen durch die zartwandigen Haare mittelst eines ziemlich breiten Streifens Rittparenchyms völlig verwachsen sind. Dieser Verbindungsstreifen ist beim nahezu ausgewachsenen Zapfen noch leicht an den zahlreichen, großen Kernen zu erkennen und weiter zu verfolgen.

Eine Verwachsung wie bei den Kiefernzapfenschuppen kommt bei den anderen *Abietinoen* nicht vor. Bei ihnen wirkt die Haarbekleidung nur als Verdichtungs-Mittel.

Betrachten wir dieselbe noch bei einigen Repräsentanten der einzelnen *Abietinoen*-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 Epidermiszeilen 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 (Vergl. Fig. 1, Tfl. VII.).

Die geschlossenen Zapfen unserer Fichte lassen sich, im 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 eintrete (Tfl. VII, 10.).

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 Schuppen spitze. An der übrigen Rückseite sind die Haare unter der Deckschuppe flach nach oben gerichtet. 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. 3, 4 u. 11 Tfl. VII, ferner Tfl. VIII, 3).

Auch der geschlossene, heranwachsende Zapfen ist auf seiner mit zahlreichen Spaltöffnungen versehenen Außenseite mit kurzen, abstehenden Haaren bedeckt.

Bei der Douglastanne findet man am geschlossenen Zapfen Anfang September die Innenfläche der Schuppen mit Haaren versehen, den äußeren Flügel frei, dagegen treten auf dem samenedeckenden 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 (Tfl. VII, 9).

Bei den Fledern findet man an jungen Zapfchen um Ostern eine Mittelquerbinde der Schuppen-Innenfläche mit kurzen Haaren als Schutz der Spaltöffnungsregion bedeckt. Ebenso trägt die Schuppen-Rückseite kurze Haare, wie sie bei Fig. 2, Tfl. VII gezeichnet sind.

Auch die Schuppen von *Sciadopitys* zeigen den Nahtverschluss durch Haare (cfr. Tfl. VI, Fig. 7). —

Wenn wir nun auch die reifen Zapfen näher betrachten und ihre Behaarung untersuchen, so finden wir, daß bei manchen derselben die Haare eine so üppige Bekleidung geben, daß sie als besonderes Merkmal für die Spezies Beachtung verdienen.

In der That ist auch in den beschreibenden dendrologischen Büchern und in Bestimmungstabellen hier und da hierauf Rücksicht genommen.

Beginnen wir unsere Betrachtung wieder bei den Cupressineen, so werden wir die Oberfläche ihrer Zapfen und Beerenzapfen meist durch Wachstüberzug bereift und glatt, oder nur mit kurzen dickwandigen Papillen besetzt finden.

Insbefondere erstreckt sich die Papillenbildung öfters von der Region der sich berührenden Schuppenränder noch eine Strecke weit über die Außenfläche der Schuppen, wobei die Papillen allmählich kleiner werden und schließlich in nicht vorgewölbte Epidermiszellen übergehen.

Von den Taxodieen zeigt die Zapfenaußenseite von *Sequoia sempervirens*, *Taxodium distichum*, *Cryptomeria japonica* und *Sequoia gigantea* . . . keine Behaarung. Daß die Zapfenschuppen der untersuchten Araucarieen glatt waren, ist schon weiter vorne bemerkt worden.

Starke Behaarung zeigen dagegen die Zapfen von *Sciadopitys*. Die Schuppeninnenseite ist braun behaart bis auf den unteren Theil. Besonders da wo die Samen aufliegen ist weniger oder keine Behaarung.

Auf der Außenseite fällt bei jüngeren Zapfen die Behaarung auf dem äußeren Querwulst der Zapfen als helle weit hervortretende Wolle auf. Durchschneidet man solche jüngere Zapfen, dann findet man zwischen dem Mittelwulst und der Samenschuppe eine Falte, welche an ihrer Basis und dem äußeren, zur äußeren Zapfenschuppe gehörigen Theil zahlreiche lange, septirte Haare trägt. Dieselben sind lusterfüllt und ragen weit aus der Höhle heraus. Sie stimmen ganz überein mit den Haaren in den Achseln der Cotyledonen, Primärblätter und Schuppen vor den Kurztrieben.

Auf der Außenseite der als Auswuchs erscheinenden Samenschuppe sind kurze, dickwandige aber schmale Haare die gleich jenen sind in der Spaltöffnungsregion der Blätter.

Da aber, wo die Schuppen mit einander verbunden sind, werden dünnwandige Papillen gebildet, welche in einandergreifen und wohl theilweise mit einander verwachsen. Das letztere konnte jedoch nicht sicher konstatiert werden (cfr. Fig. 5, 6, 7 Tfl. VI und Fig. 4 u. 12 Tfl. VIII).

Eine viel größere Bedeutung hat die Behaarung der Zapfen wieder bei den Abietineen.

Die Zapfen der Kiefern aus der Section *Pinaster* und *Taeda*, d. h. der zwei- und dreinadeligen Föhren dürften allerdings alle durch dickwandige, glatte, glänzende Oberhaut und nicht durch Haare geschützt sein.

Anders ist es aber mit der Section *Cembra*. So sind die Zapfen unserer Zirbelkiefer auch auf den ganzen unverwachsenen Theilen völlig behaart. Ebenso bei *Pinus pumila*.

Bei *Pinus Strobus* sind auch Drüsenhaare auf der Schuppenaußenseite.

Bei den Zapfen der Zedern sind die Samenschuppen beiderseits behaart. Im inneren bedeckten Theile sind die Haare sehr lang und vielfach

gewellt. Sie stellen eine dichte Wollbekleidung dar, welche vor Verdunstung und Ausstrahlung sichert. Nur ein schmaler Rand der Schuppe bleibt von den tieferliegenden Schuppen unbedeckt. Diese freien Schuppentheile sind kurz, sammtartig behaart (Tfl. VIII, 1.).

Röhne und Beißner unterscheiden die Zapfen der *C. atlantica* und *Libani* als behaart von den unbehaarten, in der Jugend bereiften Zapfen der *C. Deodara*.

Ich finde aber alle Zedernzapfen behaart und zwar sowohl auf der Außen- wie auf der Innenseite der Schuppen. Nur ein schmaler oberer Schuppenrand ist auf der Schuppenaußenseite glatt und blau bereift.

Verschieden ist die Behaarung der Samenschuppen bei den einzelnen Spezies der Gattung *Larix*.

Bei den Zapfen der Lärchen entwickeln sich die schon zur Blüthezeit vorhandenen zarten Haare weiter zu dichten Haarbüscheln der Zapfen. Die langen, dickwandigen, lusterfüllten, zugespitzten Haare sind gleich jenen gebaut, welche von den sitzendbleibenden Blattgründen der Nadeln im Kurztrieb sich erheben. Sie entsprossen der Zapfenachse und zum Theil dem Schuppenrande. Sie decken demnach die Lärchenovula und Samen von oben (Tfl. VII, 1.).

Außerdem aber sind sie bei vielen Arten auch auf der Außenseite der Samenschuppen üppig entwickelt.

Speziell beobachtete ich diese Behaarung der Zapfenachse bei *L. europaea*, *sibirica*, *kurilensis*, *microcarpa* (*americana*).

Die Samenschuppen waren behaart besonders bei *L. sibirica*, doch auch stark bei *L. europaea*, ganz glatt bei *L. microcarpa* und *kurilensis* (cfr. Tfl. VIII, 2, 5 und Tfl. VII, 7.).

Auffallend ist bei diesen Haaren und den Haaren von *Cedrus*, daß oft inmitten der dickwandigen Haare einzelne ganz dünnwandige Zellen sich befinden. Besonders häufig ist dies an der Basis der Haare zu beobachten. —

Gerade aus der Entwicklung der Haare an der Zapfenachse der Lärchen erhellt wieder, daß dieselbe keine Funktion bei der Bestäubung zu verrichten, sondern zur Verhinderung starker Transpiration und Ausstrahlung als Schutz für die sich entwickelnden Samen und die Schuppen selbst zu dienen haben.

Bei den *Tsuga*-Arten sind die sich deckenden Schuppentheile behaart, schwächer auch die freien Schuppenränder, so bei *Ts. canadensis*, *Ts. Mertensiana* (cfr. VIII, 7.).

Hier sei auch darauf hingewiesen, daß bei *Tsuga* behaarte Stiele der männlichen Blüten vorkommen.

Bei *Pseudotsuga* ist es ebenso wie bei *Tsuga*. Die Schuppen der Douglasstanne sind auf den sich deckenden Theilen behaart, während der freie Schuppenrand glatt und glänzend ist, auch die Ränder der Deckschuppen zeigen Behaarung (cfr. Tfl. VIII, Fig. 10.).

Bei den *Abies*-Arten findet man nicht bloß Haare auf den bedeckten



Schuppenzellen, sondern auch auf den freien Schuppenflächen als Sammtüberzug.<sup>14</sup> So ist es bei *Abies pectinata*, Veitchi, Mariosi, subalpina, obcolor, Pichta, firma, ebenso bei den blauen bereift erscheinenden Zapfen von *Abies Webbiana* Tfl. VII, 5. Die Zapfenzellen dieser Holzart haben blauen Inhalt, der auch die Zellkerne durchdrängt. Auch der Inhalt der Haare ist blau. Die innere Schichte der Wandung bei den dickwandigen Papillen Tfl. VII unter Fig. 8 und in Fig. 5 erscheint gleichfalls gefärbt, die äußere weiß. Die Samenschuppen haben nach außen bis zur Spitze dickwandige Papillen, auf der Innenseite längere, dünnwandige Haare, die sich gegen die Spitze zu krümmen (Tfl. VII Fig. 5 und die Fig. in Loupenvergrößerung darüber).

Meist haben die Haare der Schuppeninnenseite die Richtung nach der Zapfenspitze, jene der Außenseite aber gegen die Zapfenbasis, so z. B. sehr deutlich bei *Abies sachalinensis*.

Auch bei *Keteleeria Fortunei* ist die bedeckte Schuppenaußenseite und die Innenseite behaart.

Auch die Schuppen von *Abies nobilis* sind außen kurzhaarig und haben innen längere, nach vorne gebogene Haare.

Bei *Abies balsamea* sind die Schuppen dicht behaart.

(cfr. Tfl. VIII, 3; VII 3, 4, 5, 11.).

Die *Picea*-Arten, bei welchen die sich deckenden Schuppentheile ebenso wie bei *Tsuga* und *Abies* behaart sind, besitzen glatte, glänzende und also völlig unbehaarte freie Schuppenränder ebenso wie es bei den *Pinus*-Arten ist, bei welchen nur eine glatt glänzende Apophyse unbedeckt bleibt. (cfr. Tfl. VII 10; Tfl. VIII 6, 9).

Bei den Coniferenzapfen sind also ebenfalls verschiedene Haarformen zu treffen:

1. Wollhaare a. auf den Schuppenaußenseiten wie bei *Abies*, *Pinus Cembra*, *Cedrus*-Zapfen.

b. auf den Schuppeninnenseiten zu besserem Zapfenverschluß, so bei *Cedrus*.

2. Verschlußpapillen a. dickwandige, welche nicht verwachsen, so bei *Thuja*, *Cupressus*, *Juniperus*.

b. dünnwandige, zu Parenchym verwachsende, so bei *Pinus silv.*, *excelsa* zc.

3. Drüsenhaare an den Schuppenoberflächen, z. B. bei *Pin. Cembra* zc.

4. Seidenhaare an den Zapfenachsen und Zapfenschuppen der Lärchen und den Höhlen der Zapfenaußenseite von *Sciadopitys*.

5. Dickwandige Regelhaare und zarte kurze Fadenhaare auf der Zapfenaußenseite vieler Arten.

## IV.

## Haare an den Zweigen der Coniferen.

(Hiezu Tafel IX.)

Über Haarbildungen der Zweige finden sich in der Litteratur mehrere Angaben.

So sagt Brantl l. c.: „Die Epidermis des Stammes der Coniferen . . . . ist öfters mit Spaltöffnungen versehen und trägt bei verschiedenen Abietineen und Sciadopitys ein- oder mehrzellige Haare, welche bei *Picea* theilweise brüsig sind.“

Auch Möller giebt in seiner Anatomie der Baumrinden 1882 einige Angaben und Abbildungen über Haare der Zweigepidermis.

Auch diese Haarbildungen werden bei den forstlich-dendrologischen Bestimmungen vielfach als Merkmale benützt und ist es z. B. jedem Forstmann bekannt, daß junge Weißtannentriebe behaart sind, daß die jungen Triebe von *Pinus Cembra* eine rostrothe Filzbehaarung zeigen zc.

Die häufig vorkommenden und auffälligen Behaarungen an den Zweigen der Nadelhölzer sind also am meisten beachtet und in systematischen und dendrologischen Werken als Merkmale auch berücksichtigt worden.

Insbesondere hat Röhrne in seiner deutschen Dendrologie, die bekanntlich sehr zahlreiche fremde Nadelhölzer enthält, die Behaarung der Zweige als systematisches Merkmal verwendet. — Er ist dabei aber offenbar von dem rein praktischen Gesichtspunkt ausgegangen und gibt diejenigen Zweige nur als behaart an, deren Haare mit dem bloßen Auge oder der Loupe sichtbar sind, die übrigen betrachtet er als kahl oder nackt, selbst wenn sie bei mikroskopischer Betrachtung sich als behaart erweisen.

Gehen wir wieder von den Abietineen aus.

Bei *Picea* finden wir einfache, mehrzellige, dickwandige Haare und Drüsen- (Köpfchen-) Haare (cfr. Tfl. IX 5, 6, 7, 8).

Haare fand ich bei *Picea excelsa* (einfache und Drüsenhaare), *Picea alba* (coerulea) und zwar vereinzelt Haare am 1jährigen Trieb. *Picea Glehni* hatte starke Behaarung, ebenso *Picea orientalis*, *Picea Morinda*, *nigra*, *Omorika*.

Blatt fand ich *Picea ajanensis*, *polita*, *Alcockiana*.

Nach Röhrne sind behaart: *P. excelsa*, *obovata*, *orientalis*, *rubra*, *nigra*, *Engolmanni*, *Glehni*, *Omorica*, *Alcoequiana*, kahl dagegen: *P. Morinda*, *Schrenkiana*, *Maximowiczii*, *polita*, *alba*, *pungens*, *sitchensis*, *ajanensis*, *hondoensis*.

Die Differenz unserer Befunde gründet sich jedenfalls darauf, daß ich mit dem Mikroskop, Röhrne mit der Loupe gearbeitet hat.

## Von den Tannen sind behaart:

Nach Böhm: *Abies pectinata*, *Nordmanniana*, *numidica*, *amabilis*, *grandis*, *concolor*, *magnifica*, *nobilis*, *subalpina*, *Fraseri*, *balsamea*, *sibirica*, *Veitchi*, *sacchalinensis*, *Mariesi*.  
 Faßl: *A. cephalonica* Pinsapo, *Webbiana*, *bracteata*, *firma*, *homolepis*.

Ich fand stark behaart: *A. pectinata*, *Nordmanniana*, *grandis*, *Webbiana*, *Fraseri*, *firma*, *nobilis*, *Mariesi*, *Veitchi*, *sacchalinensis*. Schwach kurz behaart: *Pichta (sibirica)*, *balsamea*, *cephalonica*. Blatt: *lasiocarpa*, *Pinsapo*, *Pindrow* (und Herbarexemplare, die *grandis*- und *Webbiana*-Zweige sein sollen), *homolepis* (cfr. *Zfl.* IX, 9, 10).

Bei *Pseudotsuga Douglasii* sah ich die jungen Triebe stets behaart, ja man findet schon das Stämmchen einjähriger Pflänzchen behaart. Die Haare sind mit guter Lupe sichtbar.

Es ist dieselbe demnach bezüglich der Behaarung nicht verschieden von der großfrüchtigen Form *macrocarpa* Engelm., für welche Mayr allein Behaarung anführt, während er als Unterschiedsmkmale für *Pseudotsuga Douglasii* und die *glauca*-Form angiebt, daß die jungen Triebe völlig kah! seien.

Von *Tsuga*-Arten fand

Böhm: behaart: *Siboldii*, *diversifolia*, zottig behaart: *canadensis*, *Mertensiana* *Pattoniana*, schwach behaart: *caroliniana*, nicht immer behaart: *Siboldii*.

Ich fand nur *Ts. Siboldii* faßl, *Ts. diversifolia*, *canadensis*, *Mertensiana*, *caroliniana*, *Pattoniana*, *dumosa* dagegen behaart.

Von *Larix*-Arten ist

nach Böhm behaart: *L. kurilensis*; faßl: *L. occidentalis*, *Griffithii*, *decidua* (*europaea*), *dahurica*.

Ich fand behaart: *L. kurilensis*. Blatt fand ich mit der Loupe: *L. europaea*, *intermedia*, *japonica*, *sibirica*, *microcarpa*; bei letzterer fand ich aber mit dem Mikroskop auf manchen Blattfassen des 1jähr. Triebes mehrere lange, dickwandige Haare, jedoch kürzer wie jene der Kurztriebe (*Zfl.* IX 12, 13, 14, 15.).

*Pseudolarix Kaempferi* war vollständig unbehaart.

Bei *Cedrus*, über die Böhm keine Angabe macht, fand ich die jungen Triebe mit dickwandigen, einfachen Haaren besetzt (*Zfl.* IX 19.).

Bei *Pinus*, Section *Strobos* giebt

Böhm als faßl an: *Pin. excelsa* und *Pinus Strobos*.

Ich fand mikroskopisch an Beiden Haare und zwar einfache und Drüsenhaare.

## Als braunhaarig bezeichnet

Böhm: *P. monticola* und *Lambertiana*.

Bei der Section *Cembra* sind

nach Böhm haarig: *P. parviflora* und *pumila*, *koraiensis*, *Cembra*. Faßl: *P. flexilis*, *albicaulis*.

Ich fand stark filzig die Triebe bei *P. Cembra* und *Cembra Mand-schurica*, *P. koraiensis*, *pumila* (Zfl. IX 1, 2, 3).

Über alle anderen Niefeln macht Kühne keine bestimmten Angaben bezüglich etwaiger Behaarung junger Zweige.

Rahl fand ich *P. rigida*, *ponderosa*, *serotina*, *Taeda*, *Gerardiana*.

Die Zweige der *Taxaceen* scheinen unbehaart zu sein. Ich fand wenigstens keine Haare an jungen Trieben von *Taxus baccata*, *Cephalotaxus Fortunei*, *Ginkgo biloba*. Ebenso bei den *Taxodiaceen*. Ich fand hier keine Haare bei *Cryptomeria japonica*, *Taxodium distichum*, *Sequoia sempervirens*, *Sciadopitys verticillata*.

Ebenso ist es bei den *Cupressineen*, doch kann der die Zweigoberfläche bedeckende Blattgrund eventuell Zähne haben wie z. B. bei *Libocedrus decurrens* oder es können die Epidermiszellen in der Umgebung der Spaltöffnungen papillenartig ausgewachsen sein. Dies ist sowohl auf den Blättern selbst wie in den Rinnen und Furchen der Triebe der Fall, letzteres z. B. bei *Frenela robusta* oder *Libocedrus Doniana*.

Wenn wir im Zusammenhang die Haare der Sprosse befehen, so finden wir hier:

1. Filzbehaarung, bestehend aus einfachen oder verzweigten Haaren, so z. B. bei *Pinus Cembra*, *parviflora* etc., *Abies pectinata*, *sibirica*, *Nordmannia*, *grandis* etc.

2. Einzelhaare, einfach, mehrzellig lang und zart oder dorb, stachelartig, so z. B. bei *Cedrus*, *Pinus Strobis*, *Picea excelsa*, *Morinda* etc., *Tsuga canadensis*, *Siboldii* und *Pattoniana*, *Pseudotsuga Douglasii* etc.

3. Drüsenhaare, z. B. bei *Pinus Strobis*, *Cembra*, *Picea*, besonders auf den Nabelkissen und den Blütenstielen bei *Pinus excelsa* etc.

4. Seidenhaare sind bei *Sciadopitys* nur zum Schutze der Knospe in großer Menge entwickelt, ferner auf den Blattkissen und Achsen der Kurztriebe von *Larix*.

## V.

## Die Wurzelhaare der Coniferen.

(Hiezu Tafel X, XI und XII.)

Über die Wurzelhaare der Coniferen ist nur sehr wenig bekannt.

In den wenigen Fällen, in denen sie speziell beobachtet sind, werden sie sogar für funktionsunfähig gehalten.

Über ihr Vorkommen hat F. Schwarz einige Beobachtungen veröffentlicht.

Von seinen Angaben citiren wir die wesentlichen:

„Bei geringem Wasserbedarf für die Transpiration (Abies- und Pinus-Arten, Cupressus, Thuja) kann die Wurzelhaarbildung gänzlich unterbleiben.“\*)

Ferner: „Die Wurzelhaare fehlen bei: „Abies excelsa, canadensis, Douglasii, nigra, Pinus Sabiniana, Jeffreyi, silvestris, Pinaster, Biota orientalis, Thuja occidentalis, Cryptomeria japonica, Cupressus Lindleyi.“ — „Unter allen den von mir untersuchten Abies- und Pinus-Arten besaß nur Abies obovata manchmal ganz kurze Haare (bis zu 0,15 mm lang), die schon vermöge ihrer Kleinheit und geringen Anzahl für die Wasseraufnahme von keiner hohen Bedeutung sein konnten.“ Von anderen Coniferen fand Schwarz noch Wurzelhaare bei Taxus und Ginkgo.\*\*)

Bei Reza „Über die Periode der Wurzelbildung“ 1877, der auch die Fichte untersuchte, finden wir gar nichts über Wurzelhaare gesagt.

Da F. Schwarz in seinen Angaben über Wurzelhaare die „Fähigkeit der Wurzelhaarbildung“ darthun wollte und dabei nur bei Salisburia, Taxus, und Abies obovata Haare fand, sonst aber das vollständige Fehlen von Wurzelhaaren konstatarirte, wollen wir hier mit der Angabe von Wurzelhaaren ebenfalls nur die Fähigkeit, solche erzeugen zu können, konstatiren.

Zahlreiche Wurzelhaare fanden wir speziell bei folgenden Coniferen:

Abietineen:

*Picea excelsa, sitchensis, Glehni, Alcocquiana, polita.*

*Pinus silvestris, Jeffreyi, Strobus, Cembra, parviflora, Massoniana, ponderosa, rigida, Pinea, densiflora.*

\*) Schwarz, Forstliche Botanik 1892.

\*\*) Schwarz, Die Wurzelhaare der Pflanzen. Habilitations-Schrift. 1883.

*Abies Pinsapo.*  
*Larix europaea.*  
*Pseudotsuga Douglasii.*  
*Cedrus Deodora.*

## Taxaceen:

*Taxus baccata.*  
*Ginkgo biloba.*  
*Torreya nucifera.*  
*Cephalotaxus Fortunei.*

## Podocarpeen:

*Podocarpus nageia.*

Dagegen fand ich keine Wurzelhaare bei:

*Crytomeria japonica*, für deren Keimling aber Klebs „einzelne Haare, welche dann bei der Häutung mit der äußeren Zellschicht abgeworfen werden“ angiebt.

Auch nicht bei *Wellingtonia gigantea*, *Thuja plicata* und *occidentalis*, *Chamaecyparis Lawsoniana* und *pisifera*, *Juniperus virginiana*, (Für *Juniperus communis* gibt Saurau Wurzelhaare an), zc.

Ich halte es jedoch nicht für ausgeschlossen, daß diese Holzarten zu anderen Zeiten oder Bedingungen auch Haare bilden können.

Bei Strasburger (Coniferen und Gnetaceen S. 343) finde ich die Angabe: „Die Wurzelhaare scheinen bei *Thuja*, *Sequoia*, den *Araucaria*-Arten ganz zu fehlen; kommen nur ausnahmsweise bei *Ephedra* vor, sind spärlich vertreten bei *Pinus*-Arten, wo einzelne oberflächliche, langgezogene Periblemzellen an einer mittleren Stelle auswachsen, und treten zahlreich nur bei *Taxus* auf.“

Daß sie auch bei anderen Coniferen zahlreich sind, habe ich schon gezeigt; dagegen fand ich ebenfalls keine Haare bei *Araucaria* und *Thujen* zc. Eine andere Angabe Strasburgers scheint aber dafür zu sprechen, daß die Fähigkeit, Wurzelhaare zu bilden, den *Thujen* nicht ganz fehlt. Er sagt nemlich S. 363 l. c., daß bei *Biota orientalis* eine Pseudo-Epidermis, wie bei *Taxus*, nicht zu Stande kommt und daß die Wurzelhaare fast vollständig fehlen. Demnach hat Strasburger Wurzelhaare bei *Biota* immerhin beobachtet.

Später werde ich vielleicht zeigen, ob die Wurzelhaare nur periodisch an den Wurzeln zu finden sind.

Specielle Angaben seien hier beispielsweise nur über die Fichte, *Picea excelsa*, gemacht.

5jährig. Fichte hatte am 28. Febr. weder Haare, noch Mycorrhizen.  
 3—5 „ „ „ „ 15. April nur wenige, collabirte Haare.  
 5 „ „ „ „ 24. April nur wenige Haare, ohne Mycorrhizen.

	6	jährig.	Fichte	hatte	am	6.	Mai	weder	Haare,	noch	Mycorhizen.													
	4	"	"	"	"	28.	Mai	wenige	Haare,	keine	Mycorhizen.													
	100	"	"	"	"	24.	Juni.	Sehr	viele	Mycorhizen	an	den	Saug-	Wurzeln,	nicht	an	den	Trieb-	Wurzeln,	Viele	Wurzelhaare.	Wurzeln	im	Wachsen.
	4	"	"	"	"	28.	Juni.	Viele	junge	Wurzeln	und	viele	Haare.											
	4	"	"	"	"	8.	Aug.	Lange	junge	Wurzeln	und	viele	Haare.											
	4—6	"	"	"	"	23.	Okt.	Viele	junge	Wurzeln	und	viele	Haare.											
	4—6	"	"	"	"	im	Oktob.	(im	Topf)	"	"	"	"	"	"									
	4—6	"	"	"	"	28.	Nov.	Wachsthum	der	Wurzeln	abgeschlossen,	Wurzelhaare	vorhanden.											

Es waren demnach im Freien etwa von Anfang Mai bis Ende Oktober Haare an den Wurzeln vorhanden.

Kesa, der nur die Fichte untersuchte und nicht auf die Bildung von Wurzelhaaren achtete, fand junge Wurzelspitzen von Februar bis Mitte Mai und von August bis Oktober. In der übrigen Zeit ruhte das Wurzelwachsthum also auch während der Entwicklung oberirdischer Triebe von Ende April an.

Ziemlich verschieden ist die Form der Haare.

Alle Abietineen-Wurzelhaare sind sehr lange Fäden, so wie ich sie für Cedrus Tfl. X 1 u. 2 gezeichnet habe und werden erst in ziemlicher Entfernung von der Wurzelspitze gebildet.

Bei den Taxaceen hat nur Ginkgo sehr lange, dünnwandige Fadenhaare.

Taxus dagegen hat viel weniger, kürzere und steifere Haare, deren Oberfläche durch warzige Erhöhungen ausgezeichnet ist (Tfl. X 9 u. 10).

Die Haare von Torreya und Cephalotaxus, die sich sehr ähnlich sind, besitzen eine sehr breite Basis und erscheinen daher meist konisch. Sie sind ziemlich kurz und bedecken das Wurzeln im Ruhezustand bis dicht hinter die Vegetationsspitze (Tfl. XI 2).

Die Funktion der Wurzelhaare bei den Coniferen ist offenbar die aller Wurzelhaare: Die Oberfläche derjenigen Wurzeltheile zu vergrößern, welche Wasser und Nährstoffe aufnehmen. Wo keine Wurzelhaare gebildet werden, wie z. B. in Wasserkulturen oder auch in Erde bei Cupressineen, da nimmt jedenfalls die glatte Wurzeloberfläche das Wasser und die Nährstoffe ebenso auf, wie es sonst die Wurzelhaare thun.

Frank bestreitet den Wurzelhaaren der Coniferen, Cupuliferen zc. direkt die Fähigkeit ihre Träger genügend ernähren zu können und behauptet, daß diese zu Grunde gehen, wenn sie nicht durch Pilze ernährt würden. Die ernährenden Pilze bezeichnet er daher als Baumammern. Sie umspinnen die

Seitenwürzelchen der Coniferen, hindern die Haarbildung, verschmelzen ihre Membranen mit jenen der Würzelchen, bedecken deren Scheitel und wachsen bei manchen Arten auch intercellular zwischen den Rindenzellen.

Aus Frank's Lehrbuch der Botanik 1892 ist nicht zu erfahren, daß die Coniferen Wurzelhaare bilden. Man soll vielmehr ersehen, daß sich dieselben lediglich durch Wurzelpilze ernähren.

Frank sagt (S. 259\*): Ich habe nachgewiesen, daß die Mycorrhizen eine beständige Erscheinung an allen Bäumen unserer Wälder sind, soweit sie zu den Cupuliferen, Betulaceen und Coniferen gehören und daß auch in allen Ländern und Erdtheilen, wo nach dieser Symbiose gesucht worden ist, sie sich regelmäßig gefunden hat, sowie daß auf jedem Naturboden schon in den ersten Lebensjahren des Baumes die betreffenden Pilzmycelien auf die Wurzeln desselben gelangen, und daß der Baum auch während seines ganzen Lebens, soweit auch sein Wurzelsystem sich vergrößern mag, mit allen seinen Saugwurzeln in dieser Symbiose sich befindet. — . . . Die auffallendste Eigenthümlichkeit der Mycorrhizen ist aber das absolute Fehlen der Wurzelhaare, die sonst als die hauptsächlichsten Aufnahmeorgane der Nahrung an den Saugwurzeln der Land-Pflanzen sich finden. Da die Wurzelepidermis von dem Pilzmantel ganz bedeckt ist, so liegt darin schon ein mechanisches Hindernis für die Bildung von Wurzelhaaren und da nun also der Pilzmantel die oberflächliche Schicht der Mycorrhiza darstellt, so kann auch er allein nur die in die Mycorrhiza eindringende Nahrung für den Baum aus dem Boden aufnehmen, oder mit anderen Worten der Baum empfängt Wasser und Nährstoffe aus dem Boden nur durch Vermittelung des Mycorrhizapilzes.

Ähnlich drückt sich Frank auch in seinem Handbuche „Die Krankheiten der Pflanzen“ 1895 S. 293 aus: „Mit solchen (ectotrophen) Mycorrhizen konstant versehen sind, wie ich nachgewiesen habe, alle wälderbildenden Cupuliferen und Coniferen, also besonders Rothbuche, Weißbuche, Eiche, Hasel, Birke, Erle, Kiefer, Fichte, Tanne, Lärche, meist auch die Salicaceen, also die Weiden und Pappeln, auch Linde, nicht aber Esche, Ahorn, Ulmen. Auch sind sämtliche Saugwurzeln jener Bäume als Mycorrhizen ausgebildet, so daß im allgemeinen unverpilzte Saugwurzeln an ihnen nicht zu finden sind. Dies gilt auch von allen Lebensaltern dieser Pflanzen, indem schon in den ersten Jahren die Wurzelverpilzung sich einstellt und dann zeitlebens am Baume sich erhält.“

Frank geht hier viel weiter wie in seinen eigenen Original-Untersuchungen, in denen er wenigstens für die Kiefer angiebt, daß sie im humusfreien Boden nur normale Wurzelhaare bildet und daß die Mycorrhizen überhaupt

\*) Die wichtigeren Worte haben wir gesperrt gedruckt.



nur im Humusboden vorkommen können, worauf wir bei der Besprechung der physiologischen Bedeutung der Mycorrhizen einerseits und der Wurzelhaare der Coniferen andererseits noch zurückkommen werden.

Frank kennt in allen seinen Publicationen über Mycorrhizen\*) bei Coniferen nur die eine Form, welche er ectotrophe Mycorrhiza nennt. Er nimmt an, daß dieselbe bei allen Wälderbildenden Coniferen, speziell der Fichte, Kiefer, Tanne, Lärche in gleicher Weise ausgebildet ist.

Untersucht wurden von Frank jedoch nur *Pinus silvestris*, *montana*, *Strobilus*, *Picea excelsa*, *Abies pectinata*, *Larix europaea*. Eine abweichende Form fand er bei *Pinus Pinaster*. Ferner giebt er sie an bei *Pinus Pinna*, während er ihr Fehlen anführt für *Larix europaea* bei Berlin (!), *Juniperus communis*, *Taxus baccata*.

Dagegen fand Sarau „Rodsymbiose og Mycorrhizer saerlig hos Skovtraeerne“ 1893 ein intracelluläres Mycel in der Wurzelrinde bei *Cedrus* (was ich nicht bestätigen kann), ein intercelluläres Mycel und Wurzelhaare und auch ectotrophe Mycorrhizen bei *Juniperus* und ein intracelluläres Mycel bei *Taxus*, der auch Wurzelhaare bildet.

Diese beiden letzteren Angaben eines intracellulären Myceles bei Nadelhölzern sind die einzigen geblieben und hat von ihnen nicht einmal Frank Notiz genommen.

Ich habe nun aber bei der Untersuchung zahlreicher Nadelhölzer aus allen Verwandtschaftskreisen die Entdeckung gemacht, daß ein intracelluläres Mycel bei sehr zahlreichen Coniferen gewisser Familien ganz allgemein in den lebenden Zellen der Wurzelrinde vorkommt und daß hiemit die von Frank endotrophe Mycorrhiza bezeichnete Erscheinung bei den Waldbäumen eine auch von Frank selbst gar nicht geahnte Verbreitung besitzt.

Von endotrophen Mycorrhizen unterscheidet Frank 2 Typen: 1. den Ericaceen-Typus, bei welchem die sehr langen, haardünnen Wurzeln der Ericaceen, Epacrideen und Empetraceen fast konstant als Mycorrhizen ausgebildet sind. Die Pilzfäden nisten in den relativ sehr weiten Epidermiszellen, deren Lumen meist ganz erfüllend als eine knäuelartige Masse, von welcher jedoch auch Fäden durch die Wände der Epidermiszellen sich nach außen in das Substrat erstrecken. Diese pilzbergende Epidermis entwickelt nicht ein einziges Wurzelhaar; die Wurzelrinde ist einschichtig oder fehlt und die verpilzte Epidermis umgiebt dann direkt den axilen Fibrovasalstrang.

2. Den Orchideen-Typus, bei welchem die Pilzfäden in dichten Knäueln die Wurzelrindenzellen erfüllen und zwar meist rings um die Wurzel in jeder

\*) Deutsch. bot. Ges. 1885. S. 128 u. S. XXVII, 1887, S. 395, 1888 S. 248, 1891 S. 244, 1892 S. 577.

Lehrbuch der Botanik 1892 S. 259 und 553.

Lehrbuch der Pflanzentrunkheiten 1895 S. 293.

Zelle einer oder mehrerer Schichten. Die Wurzelepidermis entwickelt hier oftmals Haare.

Diese Form ist bekannt für Orchideen und eine große Anzahl von Monocotylen und Dicotyledonen, die Schlicht in seiner Inaug.-Dissertation „Beitr. zur Kenntnis der Verbreitung und der Bedeutung der Mycorrhizen“ 1889 aufzählt. Eine Conifere ist dabei nicht genannt. —

Meine Untersuchungen der Coniferen-Wurzeln, die ich zunächst der Wurzelhaare wegen ausführte, haben nun ganz überraschende Resultate bezüglich des Auftretens der Wurzelpilze und der Verschiedenheiten der Mycorrhizenbildungen ergeben.

Da Frank auch die Bildung der Wurzelhaare oder ihr Fehlen mit dem Auftreten der Mycorrhizen in Verbindung bringt, mußte ich diesen Fragen hier auch näher treten. Ich werde zunächst nur die Befunde der Wurzeln und Mycorrhizen schildern und später dann erst auf die Bedeutung der Wurzelhaare wie der Mycorrhizen näher eingehen.

Bei allen Abietineen können nach meinen Untersuchungen ectotrophe Mycorrhizen vorkommen. Man muß aber hier mehrere Fälle unterscheiden.

- a. Die Saugwürzelchen sind von einem rein epiphyt bleibenden Pilzmantel umgeben. Ein solcher Fall liegt nach Franks Schilderung bei Pinus Pinaster vom Cap vor.
- b. Die Saugwürzelchen sind von einem epiphyten Pilzmantel umgeben, von dem aus jedoch zahlreiche Hyphen abzweigen und sich intercellular in der Wurzelrinde verbreiten, so daß sie die Zellen der äußeren lebenden Wurzelrindenschichten völlig umspinnen. Dies ist die zuerst beobachtete Form, welche nach meinen Beobachtungen bei den meisten Abietineen (bei Pinus, Picea, Larix, Abies, Tsuga, Pseudotsuga-Arten) vorkommt.
- c. Der epiphyte Pilzmantel fehlt, die Wurzelrindezellen sind aber gleichwohl von einem intercellular wachsenden Mycel umspinnen. Dabei ist die Oberfläche der Wurzeln mit Haaren bedeckt. Diesen Fall beobachtete ich bei Cedrus (cfr. Tfl. X 1 und 3.).

Man findet aber auch bei Larix, daß die Saugwürzelchen Haare bilden und dennoch ein intercellulares Mycel zeigen. Es ist dann äußerlich nur an der Wurzelspitze ein zartes Mycelgeflecht vorhanden.

Zugleich aber fand ich, daß auch alle Abietineen befähigt sind, Wurzelhaare zu bilden.

Ferner konstatierte ich, daß bei allen anderen Nadelhölzern, also den Taxaceen, Taxodiaceen, Cupressineen, Podocarpeen, Araucariaceen ectotrophe Mycorrhizen nicht vorkommen.

Dagegen ergab sich die neue Thatsache, daß bei sehr zahlreichen dieser übrigen Coniferen intracelluläres Mycel in der Wurzelrinde zu finden ist, d. h. daß endotrophe Mycorrhizen gebildet werden.

Dieselben entsprechen aber nicht dem Ericaceen-Typus, bei welchem nur in den Epidermiszellen Mycelknäule liegen, auch nicht dem Orchideentypus, bei welchem das Mycel meist auch in dichten Knäueln in den Rindenzellen zusammengeballt erscheint.

Wir können hier vielmehr einen Coniferentypus der endotrophen Mycorrhiza aufstellen.

Derselbe mag vielleicht manchen der Formen ähnlich sein, welche Schlicht bei sehr zahlreichen monocotylen und dicotylen Pflanzen fand und die Sarauw zuerst bei der vorher für Mycorrhizienfrei gehaltenen Ulme beobachtete.

Sch fand die ectotrophe Abietineen-Mycorrhiza speziell bei:

*Pinus silvestris*, Cembra (Tfl. X 5)\*, *Massoniana*\*, *rigida*\*,  
*densiflora*\*

*Picea excelsa*,

*Abies pectinata*, Momi\*

*Larix europaea* (Tfl. XI, 3)

*Tsuga canadensis*\*, *Siboldii*\*

*Pseudotsuga Douglasii*\*

*Cedrus Deodara*\* (Tfl. X 3)

Von Anderen wurde sie noch bei *Pinus Pinea*, *Pinaster* und *Strobus* gefunden.

Bei den mit einem Sternchen bezeichneten Arten ist sie von mir zum ersten Male hier erwähnt.

Ihr Bau stimmt bei den meisten Arten überein. Abweichend sind die auf *Pinus Pinaster* vom Cap (nach Frank) und die auf *Cedrus* auftretenden Formen.

Bei *Cedrus* hatte sich in den zwischen Erde und Wand des Holztübels streichenden Wurzeln nur auf der Erd-Seite das intercelluläre Mycel entwickelt. Ähnliches findet man auch bei Wurzeln mit endotropher Mycorrhiza. Es stimmt dies überein mit der gleichen Erscheinung der epiphyt wachsenden Orchideen, deren Wurzeln bekanntlich auch nur auf der Seite der Unterlage ein intracelluläres Mycel zeigen.

Die endotrophe Coniferen-Mycorrhiza fand ich bei:

*Taxus baccata* (Tfl. X 8).

*Cephalotaxus Fortunei*\* (Tfl. XI 1)

*Ginkgo biloba*\*

*Torreya nucifera*\*

*Cryptomeria japonica*\* (Tfl. XI 4)

*Wellingtonia gigantea*\*

*Juniperus virginiana*\*

*Chamaecyparis Lawsoniana*\*

*Cupressus sempervirens* \*  
*Podocarpus neriifolius* \*, *nageia* \*  
*Araucaria brasiliensis* \*  
*Dammara robusta* \*  
*Sciadopitys verticillata* \*

Auch hier sind wieder die Arten, bei denen intracelluläres Mycel zum ersten Male beobachtet ist, mit einem Sternchen versehen.

Stets waren die Mycelfäden groß und kräftig und nicht in undeutlichen Klumpen vereinigt. Vielsach befanden sie sich in einer Zone tiefer liegender Rindenzellen, während die äußeren Rindenzellen frei von Mycel blieben. Niemals standen sie in eigentlicher Verbindung mit äußeren Hyphen, wie dies bei dem intercellularen Mycele der ectotrophen Mycorrhiza der Fall ist.

Das von ihnen bewohnte Rindengewebe bis zur Endodermis stirbt später ab. Es enthält von Anfang an keine Stärke, die bei all den untersuchten Arten in reichlicher Menge das Parenchym innerhalb der Endodermis im Winter erfüllt.

*Dammara robusta* z. B. hatte sehr viel ziemlich dicht verflochtenes Mycel in den inneren Rindenzellen bis zur Endodermis, während die äußeren ebenso wie die großen Rindenzellen junger Seitenwurzeln Mycelfrei waren.

Im Kübel gezogene ältere Pflanzen von *Araucaria Cunninghami* hatten fast kein Mycel. Wo dieses in äußere Rindenzellen eingedrungen war (Tfl. XI 5), zeigten die Zellen meist eine Bräunung.

Dagegen enthielten Rindenzellen von *Araucaria brasiliensis* massenhaft Mycel bis zur Endodermis und zwar im Winter in den Würzelchen fast bis zur Vegetationsspitze.

Besonders auffallend gestaltet sind die Wurzeln von *Podocarpus*. Ich untersuchte speziell *Podocarpus neriifolius*, von welchem, wie von einigen anderen Coniferen, Herr Professor Göbel mir gütigst einige lebende Wurzeln zur Verfügung stellte.

Die Hauptwurzeln tragen 2zeilig sitzende kurze, fast knopfförmige Nebenwurzeln (Tfl. XII 9). Diese besitzen sehr dicke Rinde mit großen Zellen, deren Wände mancherlei feine Verdickungsleisten tragen. Sie sind förmlich durchwuchert von dickwandigen Mycelfäden, die ähnlich gestaltet jenen der anderen endotrophen Coniferen-Mycorrhizen nie dichte Knäule bilden.

Nach einem Jahre scheint die Rinde abzusterben, da sich unter der Endodermis ein Korkring bildet.

In einzelnen Rindenzellen liegt je eine große dickwandige Kugel mit dichtem Plasmainhalt und in direkter Verbindung mit einem Mycelfaden, dem sie ihre Entstehung verdankt.

Sarauw hat in Fig. 4 seiner „Rodsymbiose og Mycorrhizer“ 1893 ähnliche Kugeln in den Wurzelzellen von *Ulmus*, die auch intracelluläres Mycel hatten, gezeichnet.

Auch Kühn (Untersuchungen über die Anatomie der Marattiaceen und anderer Gefäßkryptogamen, Flora 1889) fand ähnliche Sporen bei Pteridophyten, welche endophyte Wurzelpilze enthielten.

Dieselben beobachtete auch Goebel (Botan. Ztg. 1887) bei *Lycopodium*.

Eine getrocknete reichbewurzelte Pflanze von *Podocarpus nageia* aus Japan verdanke ich Herrn Dr. Grassmann.

Hier waren die kleinen Seitenwürzelchen in riesiger Menge als Knöllchen am ganzen Wurzelsystem entwickelt. Sie enthielten gleichfalls große Hyphen und Kugeln in den Rindezellen.

Außerdem fand sich aber sowohl bei diesen Knöllchen wie an den glatten Triebwurzeln eine reichliche Behaarung. Die Wurzelhaare waren lang und groß und entsprangen den äußeren Rindezellen.

Bei älteren Knöllchen war das Mycel in den Rindezellen kurz blasig und erschien wie ein Wabenetz, welches die Zellen erfüllte. Ganz das gleiche waabige Mycelgewebe fand ich an solchen Würzelchen auch in den Haaren bis zu deren Spitze.

In jüngeren Wurzelstadien waren die Wurzelhaare noch frei von Mycel.

Auch in den Erb-Wurzeln von *Cycas circinalis* kommen große Mycelfäden in den Zellen der Wurzelrinde vor. Es dürfte also die endotrophe Coniferen-Mycorrhiza auch den Cycadeen zukommen.

Ich fand dagegen an der von mir im Kübel gezogenen älteren *Ephedra*-Pflanze nur Wurzeln mit üppiger Haarbekleidung (nach Strasburger kommen Wurzelhaare bei *Ephedra* nur ausnahmsweise vor) aber ohne jeden Pilz im Innern oder auf der Außenfläche, so daß über die Gnetaceen erst weitere Untersuchungen Aufschluß geben können.

Betrachten wir nun das Verhältnis zwischen der Fähigkeit, Wurzelhaare bilden zu können und Mycorrhizen zu tragen, so ergibt sich als sehr beachtenswertes Resultat der Untersuchung: Alle Coniferen, welche ectotrophe Mycorrhizen haben, können auch Wurzelhaare bilden.

Für einige, wie für *Pinus silvestris* z. B. war dies bereits bekannt. Ja wir wissen gerade aus den Beobachtungen Franks, daß die Kiefer im märkischen Sande vielfach am größten Theile ihres weitreichenden Wurzelsystems normale Wurzelhaare bildet und höchstens in der nächsten Nähe der Stämmchen, wo sie mehr Humus hatte (vielleicht waren es aus dem Forstgarten versetzte Pflanzen, die Mycorrhizen mitbrachten? Verf.) fanden sich einige Mycorrhizen.

Trotzdem sagt Frank, daß die Kiefer ohne Mycorrhizen absterben muß und betont oftmals, daß das ganze Wurzelsystem der Waldbäume Mycorrhizen trage, sich nur durch Mycorrhizen ernähre und keine Wurzelhaare tragen könne, weil dies der Pilzmantel hindere. Es stimmt dies nicht überein mit dem anderen Befunde Franks, daß die Mycorrhizen nur im humosen Boden gebildet werden.

Franks Schüler Schlicht sagt dagegen, daß die Mycorrhizen der Kiefern im humuslosen, märtischen Sande durch die daselbst allein vorhandenen Wurzelhaare ersetzt sind.

Wenn dortselbst aber 5—10jährige Kiefern ohne Mycorrhizen leben, können sie überhaupt leben und wachsen ohne Mycorrhizen und vermögen sich mittelst der Wurzelhaare allein zu ernähren, sofern sie nur die richtige Nahrung erhalten. Im reinen Sandboden werden es nur in Wasser gelöste Mineralsalze sein, die den Wurzeln als Nahrung geboten sind.

Diese Frage ist aber von großer praktischer Bedeutung.

Können nemlich die Waldbäume sich nicht mittelst ihrer Wurzelhaare ernähren, dann ist im Sandboden jede Düngung mit anorganischen Salzen nutzlos und ganz erfolglos.

Vermögen aber die Waldbäume mittelst der Wurzelhaare oder glatten Wurzeloberfläche Wasser und Nährsalze aus dem Boden aufzunehmen, dann ist es auch möglich durch künstliche Düngung einen Erfolg zu erzielen, wo keine Pilze vorhanden sind, denen diese Nahrung zunächst zukäme, um durch sie erst zu den Wurzeln zu gelangen.

Frank sagt ganz direkt \*) daß seine Versuche ergaben, daß die Buche, ausgesät in ausgeglühtem Sande, der also von organischen Verbindungen befreit, aber dann mit allen erforderlichen mineralischen Nährsalzen und auch mit einem Nitrat versetzt worden ist, keine Mycorrhizen bildet, aber auch nicht gedeiht, sondern bald zu Grunde geht — und daß in sterilisirtem natürlichem, humusreichem Waldboden, wo ihre Wurzeln unverpilzt bleiben und nur Wurzelhaare entwickeln, die Buchen-Pflanzen weniger gut wachsen und schon in den ersten Jahren eine nach der andern eingehen.

Die Auseinanderhaltung der beiden Angaben ist von großer Wichtigkeit, denn die erste heißt doch, daß die Buchen bei künstlicher Ernährung mit den nöthigen Mineralsalzen absterben, die zweite dagegen wie Frank näher ausführt, daß sich die Buche im sterilisirten Humusboden die im Humus befindlichen organischen Substanzen nicht aneignen kann. Daß sich die Waldbäume im nicht sterilisirten Waldboden ernähren, ist bekannt. Die Versuche Franks mit der Buche und der Kiefer beweisen, daß sie dies aber nur in Anwesenheit von Pilzen thun können.

Frank nimmt an, daß die Pilze sowohl Wasser, anorganische Nährstoffe wie die organischen Stoffe des Humus, hauptsächlich den Humus-Stickstoff aufnehmen und direkt in die berührten Zellen der Baumwurzeln ableiten wie zu den eigenen Zellen des Myceles.

Es ist aber, was Frank nicht berührt, möglich, daß die Pilze die Zersetzung des Humus soweit bewirken, daß die Baumwurzeln dann genügend anorganische Salze, ganz besonders Nitrate und Ammoniak zur Aufnahme

\*) Deutsch-bot. G. 1892 S. 577.

finden und diese mit den zeitweilig gebildeten Wurzelhaaren oder glatten Oberflächentheilen aufnehmen — trotz der Mycorhiza —. Frank ist auf diesen Fall nicht weiter eingegangen, weil sein erster Versuch mit der Buche ihm genügend beweisend war, daß die bestandbildenden Waldbäume von anorganischer Nahrung überhaupt nicht leben können.

Für die Praxis hat die Beobachtung, daß die Bäume nur in nicht sterilisirtem Humusboden zu leben vermögen aber keine große Bedeutung, denn es ist bekannt genug, daß die Bäume besser wachsen im Humusboden als im Sandboden und es ist auch bekannt, daß im Humusboden stets eine massenhafte Pilzvegetation vorhanden ist, der man auch von jeher die Fäulnis des Humus zuschrieb.

Von großer Bedeutung ist dagegen die Frage, ob sich Franks Angabe bestätigt, daß die Bäume sich von anorganischer Substanz durchaus nicht ernähren können.

Da von Frank in dieser Hinsicht nur ein Versuch mit Buchen gemacht wurde, ist eine Prüfung mit verschiedenen Holzarten dringend wünschenswert und werde ich über solche Versuche, die ich anstellte, später berichten.

Insbesondere sind sie auch anzustellen mit jenen Holzarten, die nach meinen Beobachtungen endotrophe Mycorhizen tragen.

Ich habe vorne gezeigt, daß die Abietinen Wurzelhaare zu bilden, befähigt sind. Es entsteht nun die weitere Frage, ob sie in der Natur auch wirklich Wurzelhaare bilden, in welcher Menge sie dieselben bilden, zu welchen Zeiten und unter welchen Verhältnissen. Hieraus wird sich schon schließen lassen, ob die Wurzelhaare für die Abietinen in der Natur eine Bedeutung haben oder nicht.

Es empfiehlt sich hierzu eine Anzahl spezieller Beobachtungen, anzuführen.

Auf der Moorkulturstation Bernau entwickelten die Saaten auf frisch bearbeitetem Moore, welches vorher nur die Moorflora trug, ganz besonders kräftige Pflanzen von *Pinus silvestris*, *Laricio* und *Fagus silvatica*. Bei der letzteren waren die Cotyledonen an dem dicken starken Stämmchen noch Ende September grün und trugen in ihrer Achsel je einen kräftigen belaubten Seitenzweig.

Die Kiefern hatten Ende September noch junge Wurzeltriebe mit üppiger Behaarung und größtentheils ohne Mycorhizenbildung. Sie hatten also das erste Jahr sich in üppiger Weise entwickelt und jedenfalls mittelst ihrer Wurzelhaare von den durch künstlichen Dung in den Boden gebrachten anorganischen Salzen ernährt.

Die im Moorboden eingeschlagenen Pflanzen wurden im Keller überwintert. Ende Februar zeigten sie junge Glasspitzen, die völlig frei von Mycelmantel waren und zwar auch an den Pflanzen und Wurzeln, wo ihr älterer Theil einen Mycelüberzug zeigte.

Auch bei Franks Culturen im sterilisirten und nicht mit Nährsalzen

beschickten Humusboden wuchsen die Kiefern im ersten Jahre normal. Vermuthlich finden sie solange noch genügende anorganische Nahrung vor. Der Befund von Frank und Schlicht im märkischen Sande, von Rees im Sandboden bei Erlangen zeigen, daß die Kiefer im nichthumosen Boden eine genügende Menge von Wurzelhaaren bildet und sich mittelst derselben auch ernährt.

Verschieden alterige junge Fichten (Zfl. XII, 1) entnahm ich dem Fichtenwalde zwischen Großhesselohe und Bullach nächst der Bahnlinie.

Der Wald besteht aus Fichten, Buchen und anderen Laubbölzern. Die jungen Fichten hatten im Herbst (Ende Oktober 1896) zahlreiche lange Triebwurzeln und nur wenige helle Saugwurzeln, dagegen zahlreiche dunkle Saugwurzeln näher dem Stämmchen, die aber wohl größtentheils schon abgestorben waren, denn ein großer Theil der kleinen Saugwurzeln wird ja stets nach einigen Jahren abgeworfen.

Alle Saugwurzeln waren von Pilzmycel mit den holzigen Humusmassen so fest umspinnen, daß sie gar nicht rein gewaschen werden konnten. —

Alle Triebwurzeln, die im Humus hinstrichen, trugen einen dichten, üppigen Haarpelz (Zfl. XII, 1.).

Ihre Oberfläche war jedenfalls größer wie die Oberfläche der Saugwurzeln. Daß sie normal funktionieren, ist nicht zu bezweifeln. Sie zeigen aber zugleich, daß die Triebwurzeln nicht bloß die Funktion haben, das Wurzelsystem zu erweitern, während erst die an ihnen später auftretenden Saugwurzeln die Nahrung aufzunehmen hätten. Vielmehr sind die Trieb- oder Hauptwurzeln ganz wesentlich bei der Nahrungsaufnahme betheiligt und zwar sowohl im humosen wie im nicht humosen Boden. Dies bestätigt der Befund stark behaarter Trieb-Wurzeln bei zahlreichen Coniferen. (Zfl. XII 1, 6, 7, 8.).

Die Wurzelhaarbildung ist bekanntlich von Feuchtigkeits-Verhältnissen abhängig und unterbleibt bei Wasserkultur (Zfl. XI, 7).

Ich untersuchte nun Pflanzen in verschiedenen Böden, um zu konstatiren, ob die Behaarung der Hauptwurzeln in gewissen Böden etwa ganz unterdrückt wäre. Dies ist aber nicht der Fall, vielmehr bilden die jungen Abietineen-Wurzeln wohl in allen Böden zeitweilig Haare.

So fand ich reichliche Haarbildung an Fichtenwurzeln im (nicht sterilisirten) gelben festen Lehm (Zfl. XI, 8), im weißen Sand, im schwarzen Waldhumus, in guter Gartenerde und im Moorboden. Ebenso verhielt sich die Kiefer.

Ich kultivirte speziell noch Fichten in Blumentöpfen mit sterilisirtem Waldhumusboden, dem eine 2—3 Finger dicke Schicht feines, sterilisirten Starandes aufgelagert war. In diesen wurden die Samen dicht gesät und leicht mit feinstem weißen Quarzsande gedeckt. Die Pflänzchen gingen dicht wie eine Bürste auf und füllten den ganzen Topfraum voll-



ständig. Sie wurden mit gekochtem Wasser begossen und einige Male mit Alberts mineralischem Blumendünger versehen.

Sie haben das 2. Jahr hinter sich und sind völlig gesund. Ihr Wuchs war im 2. Jahre bedeutend besser wie im ersten, da sie im ersten nur im Sand wuchsen und zu wenig Düngung erhielten. Im 2. Jahre ist ihre Bewurzelung durch den ganzen Humus gewachsen und aufs üppigste behaart und blieb unverpilzt. Der Versuch war nur angestellt, um über die Behaarung Auskunft zu erhalten und um zu erfahren, ob die Pflanzen absterben oder leben bleiben. Er wird fortgesetzt werden.

Behaarung der Wurzeln kommt aber auch vor, wo die Endigungen derselben zu Mycorrhizen umgewandelt sind und zwar nicht selten bei sehr vielen Abiotineen. Solche Bilder habe ich für *Pinus Combra* Tfl. X 6 gezeichnet.

Die Wurzelhaare durchbrechen die äußeren Rindezellen, welche abgeschuppt wurden. Sie entstehen bei den Abiotineen, wie ich mich bei zahlreichen Arten von *Picea*, *Pinus*, *Pseudotsuga*, *Cedrus* überzeugt, normal aus Rindezellen der 2. oder 3. Lage (Tfl. XII, 2, 3, 4, 5). Bei ihrer Bildung wird die äußere Rindenschicht abgehoben und die Wurzel macht eine Häutung durch, bei der die Pilzfäden sehr leicht intercellular vorzubringen vermögen, was sie bei der den ganzen Winter ruhenden Vegetationskappe nicht thun können. Sie überziehen dieselbe vielmehr nur äußerlich mit dichtem Hyphenmantel an den Mycorrhizen.

Die Entstehung der Wurzelhaare aus Zellen, welche nicht zur Epidermis gehören, finde ich schon erwähnt von Klebs\*), welcher die Wurzel von *Pinus Pinea* untersuchte. Er sagt l. c. S. 543: „Im Zusammenhange mit der bekannten geringen Wurzelhaarbildung der Coniferen tritt häufig die Erscheinung einer Häutung der Hauptwurzel ein. Schon bei dem ersten Heraustreten der jungen Keimwurzel von *Pinus Pinea* beobachtet man, daß dieselbe von einer lockeren, weißlichen Hülle umgeben ist, welche sich sehr bald in zahllose einzelne Zellfäden auflöst. Diese erste Hülle rührt von dem Zellgewebe her, welches in Form einer mächtig entwickelten Wurzelhaube den Merostachel der Wurzel im Samen bedeckt und am anderen Ende mit den Resten des Embryosackes zusammenhängt. Die Radicula, in ihren oberen Theilen lebhaft sich bei der Keimung streckend, drängt das Zellgewebe aus dem Samen heraus, dehnt dasselbe stark, von ihm als Hülle umgeben. Beim weiteren Wachsthum reißt der oben mit dem Samen noch in Verbindung stehende Theil der Hülle, einige Fäden bleiben am Samen, die jetzt losgelöste Hülle der Wurzel zerfällt sehr schnell in ihre Fäden. Nimmt man bei jungen Keimlingen die Hülle ab, bemerkt man, daß auch darunter an der Hauptwurzel selbst eine Ablösung ihrer peripherischen Schichten der ganzen Länge nach erfolgt. Hauptsächlich die beiden äußeren Zellschichten, welche an der Wurzel-

\*) Beitr. zur Morphologie u. Biologie der Keimung. 1884.

spitze in das Gewebe der Wurzelhaube übergehen, lösen sich, indem sie sich in ihre einzelnen Zellreihen spalten, welche in Form von schleimigen langen Fäden die Wurzel umhüllen.

Stellt man einen Keimling in Wasser, so erscheint die Wurzel von einer zarten, weißen Wolke umgeben, gleichsam als wäre sie von zahllosen Wurzelhärchen bedeckt. Bei weiterem Wachsthum der Wurzel treten an ihren mittleren Theilen vereinzelt Wurzelhaare als kurze, dicke Ausstülpungen der dritten Zellschicht hervor, welche die über ihnen lagernden Zellfäden bei Seite drängen.“

Klebs beobachtete die Häutung auch bei Keimlingen von *Pinus silvestris*, *Cryptomeria japonica* und einigen Dicotylen.

Die Bildung der Wurzelhaare aus inneren Rindenzellen aber finde ich ganz allgemein bei den Abiotineen verbreitet und zwar nicht bloß bei Keimlingen, sondern auch an allen sich späterhin bildenden Wurzeln.

Frühere Beobachtungen von Strasburger (Coniferen und Gnetaceen 1872 S. 342) sind hier noch anzuführen:

„Wie aus obiger Entwicklungsgeschichte folgt, kann es bei Coniferen und Gnetaceen nicht zur Bildung einer echten Epidermis kommen und wird die Außenfläche der Wurzel nicht von einer continuirlichen, sondern einer aus einzelnen Stücken zusammengesetzten Haut bekleidet. Diese Stücke repräsentiren die Schenkel von Parabeln, deren Scheitel als Wurzelhaube abgeworfen worden sind. Sie greifen treppenartig über einander, ähnlich wie bei den mit Dermatogen versehenen Wurzeln, nur daß dort die Stufen der Treppe durch die Verkleinerung der Dermatogenzellen nach Anlage jeder neuen Kappe erzeugt werden. Der Mangel an echter Epidermis erklärt es auch, daß bei vielen Coniferen gar keine Wurzelhaare zur Entwicklung kommen; dieselben scheinen bei *Thuja*, *Sequoia*, den *Araucarion*-Arten ganz zu fehlen; kommen nur ausnahmsweise bei *Ephedra* vor, und sind spärlich vertreten bei *Pinus*-Arten, wo einzelne oberflächliche, langgezogene Periblemzellen an einer mittleren Stelle auswachsen und treten zahlreich nur bei *Taxus* auf.

Dort kommt es sogar zur Bildung einer Pseudoepidermis. Unter der Stelle, wo die nächst äußere Kappe sich ablösen wird, hat sich bereits die nächstfolgende Periblem-Reihe durch zahlreiche, quere Theilungen in eine große Anzahl übereinander liegender Zellen zerlegt, über dieser Stelle in nächstfolgende Periblem-Reihen u. s. w., so daß die Haut bereits für eine lange Zeit vorbereitet ist. Sobald die die betreffende Stelle deckende Kappe abgeworfen worden, beginnt die bisher von ihr gedeckte, eng getheilte Periblemreihe sich zu strecken und ihre Zellen wachsen nun sogar äußerlich zu den kräftigen, auf der Außenfläche mit kleinen Wärtchen besetzten Haaren aus.“ —

Daß der Mangel einer echten Wurzelepidermis kein Hinderungsgrund für die Haarbildung ist, wie Strasburger meinte, habe ich schon gezeigt; die Haare entstehen vielmehr aus tieferen Rindenzellen sehr zahlreich bei dem Ab-

Schuppen der äußeren Lage. Ebenso habe ich nachgewiesen, daß reichliche Haarbildung nicht auf *Taxus* beschränkt ist. Sie kommt bei allen *Taxaceen* und *Abietineen*, bei *Podocarpus* und anderen Coniferen vor; dagegen — wie es scheint — wenig bei *Cupressineen*, *Araucarien*, *Taxodien*.

Wenn aber die Wurzelhaare entstehen unter Abwerfen der äußeren Rindenzellen und hinter den eigentlichen Mycorrhizakappen, dann kann auch eine Wurzel durch ihre Haare Nahrung aufnehmen und gleichzeitig Mycorrhizen tragen, worauf schon S. 49 aufmerksam gemacht ist. —

Auch bei Fichten und Birken beobachtete ich vielfach das gleichzeitige Vorhandensein von Wurzelhaaren und Mycorrhizakappen an denselben Wurzeln. Dagegen findet man allerdings auch Pflanzen ohne Wurzelhaare und mit Mycorrhizen, wie ich dies besonders bei *Abies pectinata* im Herbst beobachtete.

Endlich sind manche Wurzeln frei von Mycel und frei von Haaren, so fand ich es zum Beispiel bei *Callitris quadrivalva*, bei jungen Pflänzchen von *Cupressineen* zc. Bei ihnen findet die Nahrungsaufnahme durch die äußersten Zellen der Wurzelrinde statt.

Wir gingen von der Frage aus, welches Verhältnis zwischen ectotropen Mycorrhizen und der Fähigkeit Wurzelhaare zu bilden besteht.

Es ergab sich, daß alle Coniferen, welchen ectotrophe Mycorrhizen zukommen, auch Wurzelhaare bilden können und bilden.

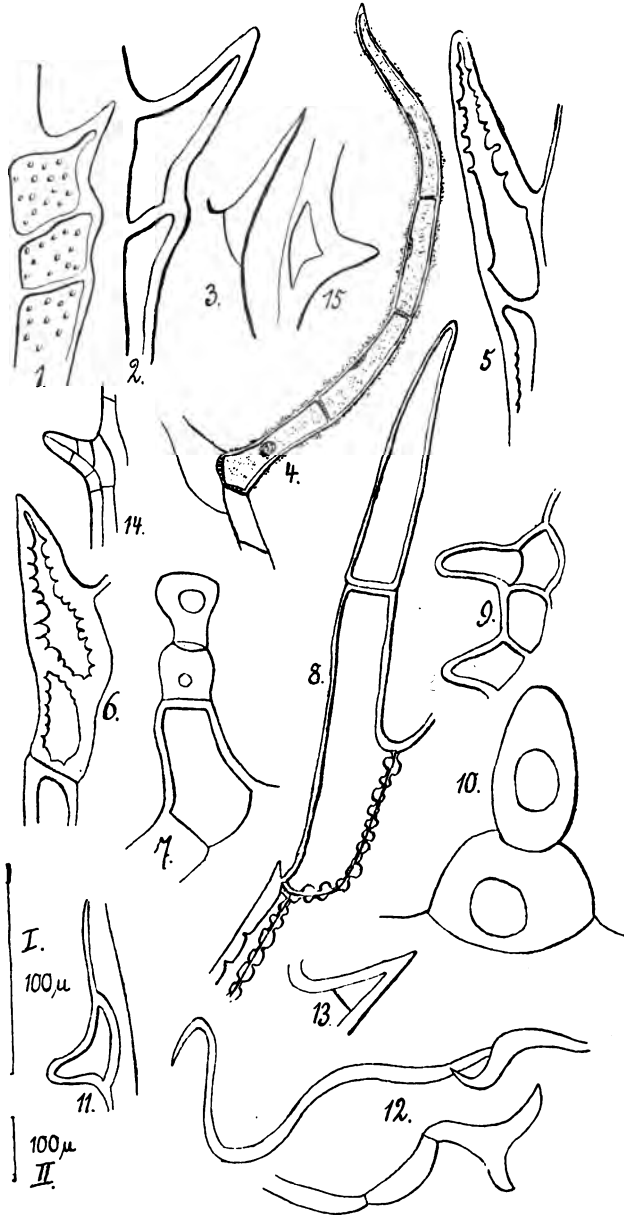
Wir müssen dieselbe Frage nun ausdehnen auf diejenigen Coniferen, welche nur endotrophe Mycorrhizen tragen.

Diese Frage ist auf Grund vorstehender Beobachtungen dahin zu beantworten, daß die endotrophe Mycorrhiza Wurzelhaare bei den *Taxaceen*, *Podocarpus* u. a. trägt, daß also die Haarbildung durch die endotrophe Mycorrhiza nicht beeinflusst wird.

Es ist dies auch direkt ersichtlich aus Tafel XI (Fig. 1 u. 2), die wie alle Tafeln vom Verfasser nach der Natur gezeichnet ist.

Faint, illegible text covering the majority of the page, appearing as a series of horizontal lines and scattered characters.

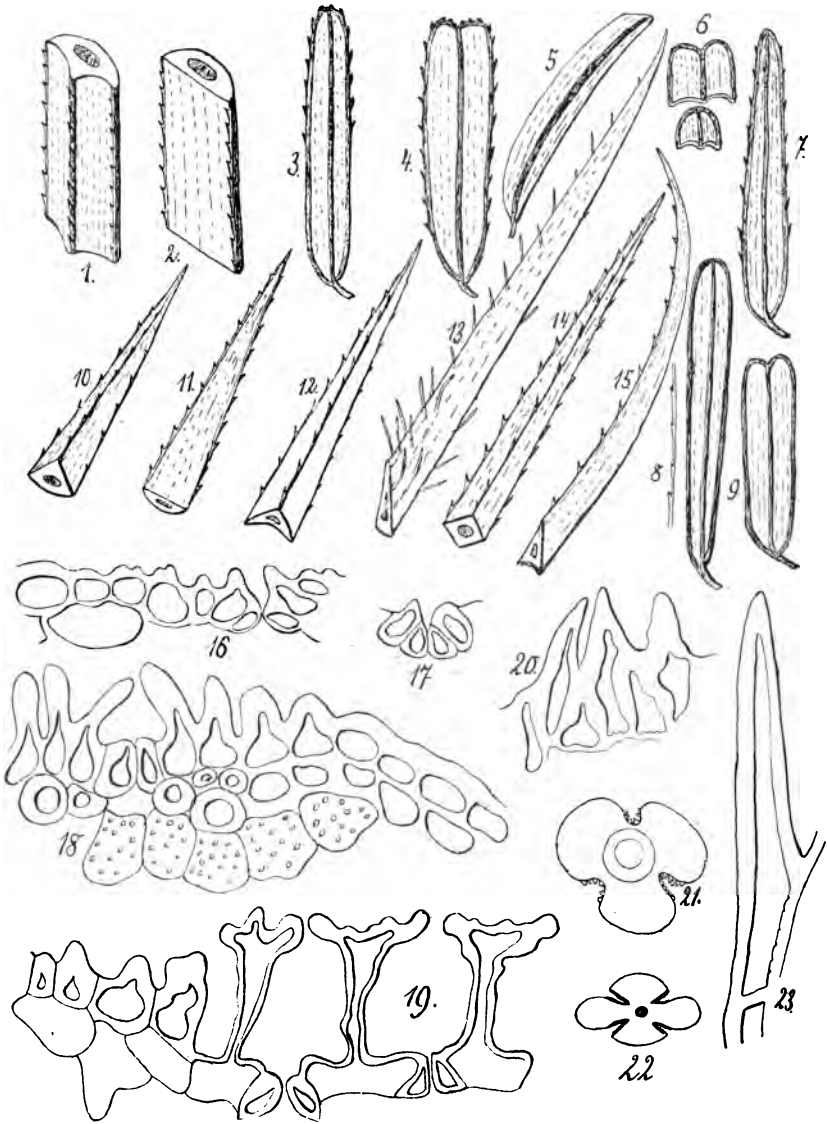
Tafel I.



Blatthaare der Coniferen.

1. Zähne der Kurztriebnadel von *Pinus silvestris* I. 2. Zähne der Primärblätter von *Pinus silvestris* I. 3. Zähne der Primärblätter von *Pinus Pinca* II. 4. Zähne der Cotyledonen von *Pinus Pinca* II. 5. Zähne der Primärblätter von *Pinus parviflora* I. 6. Zähne der Kurztriebnadeln von *Pinus parviflora* I. 7. Köpfchenhaar an Primärblättern von *P. Cembra* I. 8. Sägehaar an Cotyledonen v. *P. Cembra* I. 9. 10. Haare der Nadeln von *Sequoia sempervirens* I. 11. 12. Haare des Blattstiels von *Ginkgo biloba* II. 13. Zahn am Blattrand von *Cunninghamia sinensis* I. 14. Auswuchs der die Knospen deckenden Nadeln von *Abies Webiana* (daneben kommen einfache und nur quersperzte Haare vor) I. 15. Blattrandhaar von *Libocedrus decurrans* I. — I. Maßstab für die stärkere Vergrößerung  $100 \mu = \frac{1}{10}$  mm für alle Tafeln. II. Maßstab für die schwächere Vergrößerung  $100 \mu = \frac{1}{10}$  mm für alle Tafeln.



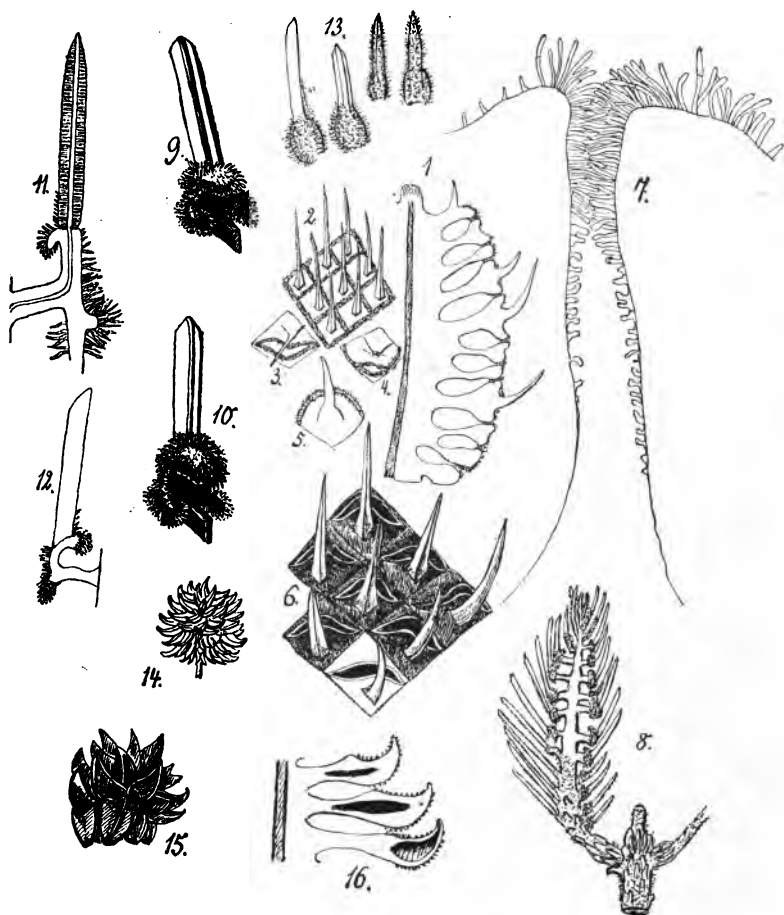


## Blatthaare der Coniferen.

1. Zähne an den 3 Nadel-Ranten bei 3 und 5 nadeligen Kurztrieben der Kiefern. 2 Zähne an den 2 Nadel-Ranten bei 2nadeligen Kurztrieben der Kiefern. 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 Blätter von *Tsuga*-Arten. 3. *Ts. canadensis* mit gerändeter, bezähnter Spitze. 4. *Ts. Siboidii* an jungen Pflanzen mit ausgerandeter Spitze und bezähnten Rändern, die bei alten Pflanzen unbezähnt sind. 5. *Ts. Pattoniana* mit mehrflächiger dicker glatter Nadel. 6. *Ts. caroliniana* mit ausgerandeter oder gerundeter Spitze 7. *Ts. dumosa* mit verjüngter Spitze und bezähnten Rändern. 8. *Ts. Mertensiana*. Blattrand im Alter kaum noch, in der Jugend stark bezähnt. 9. *Ts. diversifolia*. Blatt ausgerandet und glatt. 10. Cotyl. von *Pinus Cembra* von oben, an 3 Ranten gezähnt. 11. Primärblatt von *Pinus Cembra* von unten, an 2 Ranten gezähnt. 12. Cotyledon von *Pinus Pinea* von oben. 13. Nadel einer jungen Pflanze von *Picea excelsa* (wie Primärblätter). 14. Cotyledon von *Picea excelsa* von oben, an der Schmalkante gefügt. 16 bis 22. Querschnitt durch den Spaltöffnungsregion der Blätter I. 16. *Taxus baccata* I. 17. *Podocarpus macrophylla* I. 18. *Sciadopitys verticillata* I. 19. *Torreya nucifera* I. 20. *Libocedrus decurrens* I. 21. *Frenela robusta*, Querschnitt durch den Zweig, in dessen Furchen die Spaltöffnungen sind. 22. *Libocedrus decurrens*, die Spaltöffnungen sitzen auf den sich bedeckenden Blattoberflächen. 23. Einzelhaar am Blattrande von *Libocedrus decurrens*.



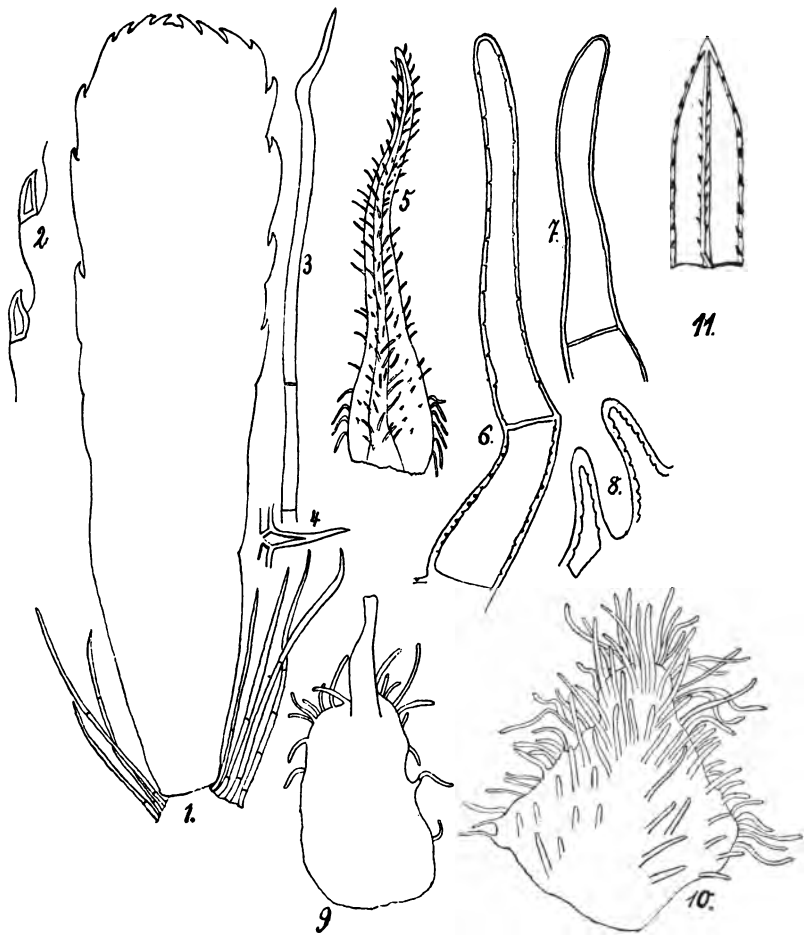




**Haarbildungen bei den Chermes-Gallen der Fichte.**

1—7 Galle von *Chermes Abietis*. 1. Längsschnitt. Die Mündungen der Gallhöhlen sind durch Haare verschlossen. 2. Außenfläche einer jüngeren Galle mit Haaren auf den Wulsten. 3, 4 und 5. Einzelne behaarte Mündungen der Gallhöhlen. 6. Geöffnete Gallhöhle einer alten Galle, die behaarten Ränder sind weiß gelassen. 7. Vergrößelter Gallhöhleneingang von Fig. 1. 8. Chermes-Gallen von *Picea orientalis*. 8. Todere Chermes-Galle von *Picea orientalis*; die vorderen Nadeln sind abgebrochen. Links unten ist der Uebergang der gesunden Nadeln zu den Gallenbildenden zu sehen. Die Innentheil des Gallenzweigs sind nicht behaart. 9 und 10. Einzelne Gallen-Nadeln mit den Gallhöhlen auf dem Blattstiel. 11 und 12. Längsschnitte durch gallbildende Nadeln. Die Nadelamina ist an der Basis behaart. 13. Die letzten Nadeln an der Spitze des Gallenzweigs. 14. Galle von *Picea Alcockiana*, Habitusbild mit 2 Eingängen zu Gallhöhlen. 15. Dieselben vergrößert, 16. im Durchschnitte.





**Blatt- und Knospenhaare der Coniferen.**

1. *Tsuga canadensis*, junges Blättchen aus einem Blätterschopf der Friesleipitze. Der Blattgrund trägt lange Fadenhaare (Fig. 1 unten und Fig. 3.) 2. Blattrandzähne desselben Blättchens, vergrößert. 3. siehe 1. 4. Zweighaar unterhalb des Blätterschopfes. 5. Letzte, veränderte, die Knospen bedeckende Nadeln von *Abies* aus Bozen (letzter Zull), mit Haaren besetzt. 6, 7, 8 einzelne Haare von Fig. 5. 1. 9. Knospensuppe von *Larix kurilensis*. 10. Knospensuppe von *Tsuga mertensiana*. 11. Blatt von *Pinus koraiensis* mit zweiflig behaarter Mittelrippe.

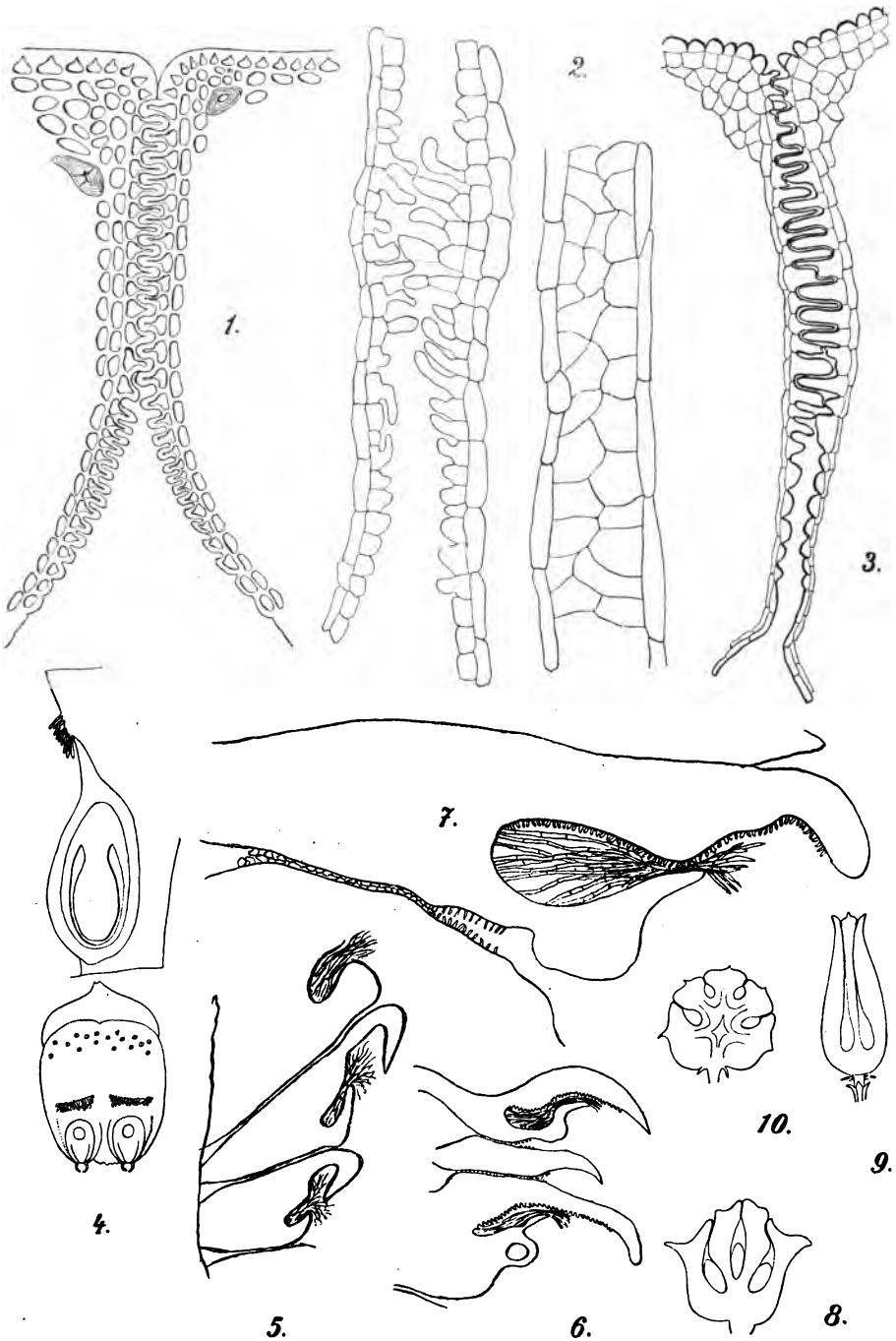




**Knospenhaare der Coniferen.**

1. Knospenhäpfe von *Picea excelsa*, II. 2. Knospenhäpfe von *Picea Morinda* II. 3. *Picea Morinda* einzelnes Haar der Knospenhäpfe I. 4. *Picea alba* ganz schwache Bergr. 5. *Picea alba* einzelnes Haar derselben Knospenhäpfe. 6. *Tsuga canadensis* II. 7. *Picea orientalis* II. 8. *Picea nigra* Loupen-Bergr. 9. *Ginkgo biloba* Loupen-Bergr. mit Haaren wie am Blattstiel. 10. *Sequoia sempervirens*, Knospenhäpferand. 11. *Picea excelsa* mit den letzten Nadeln, Übergänge zu Knospenhäpfen zeigend. Die Lamina ist behaart. 12. *Picea alba* (*coerulea*). Knospe und letzte Nadeln mit Behaarung.



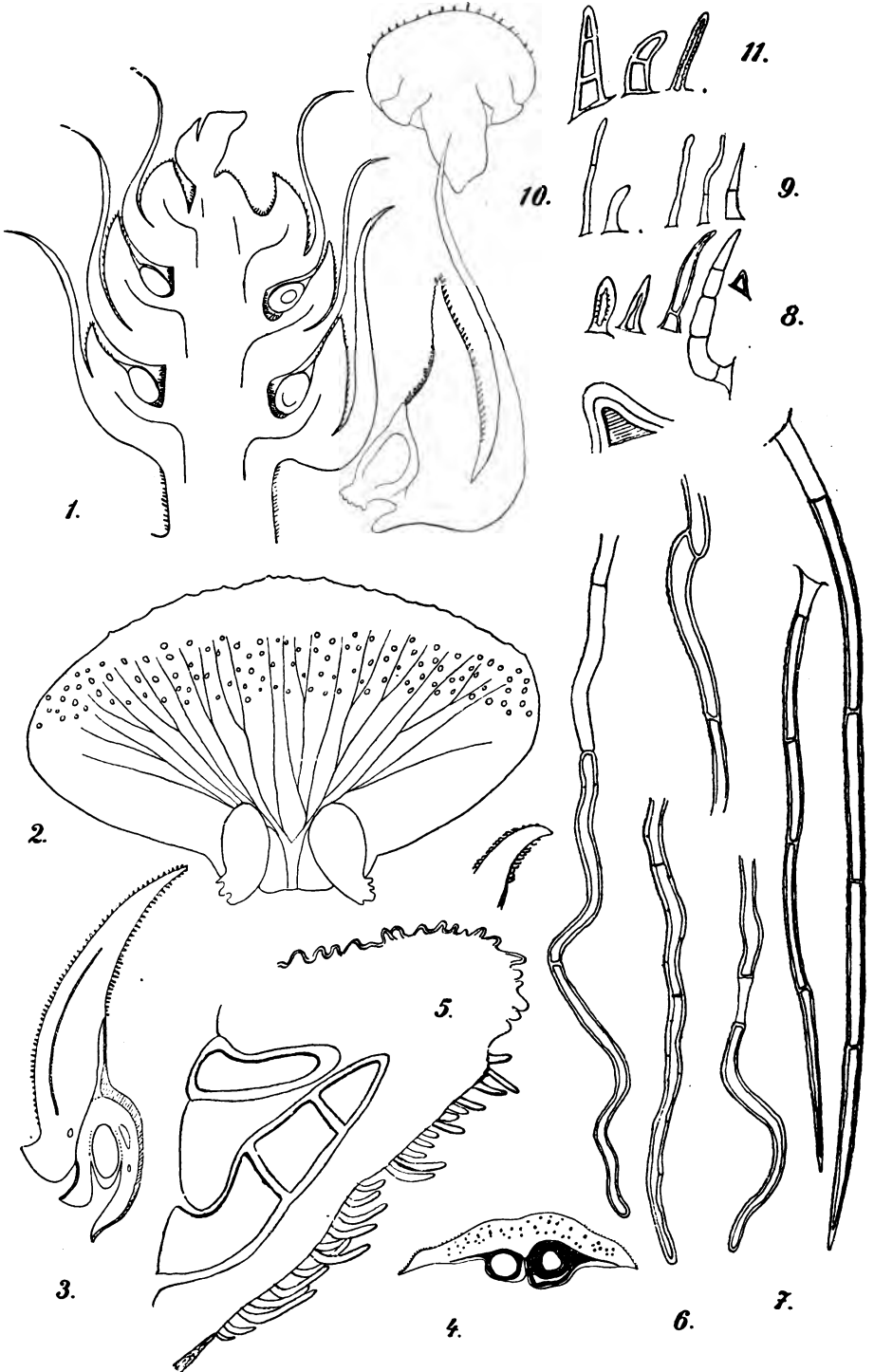


Haare zum Verschluss der Coniferen-Zapfen.

1. *Juniperus Oxycedrus* L. 2. *Pinus excelsa*. 3. *Cupressus funebris* Endl. 4. *Pinus Pine*.  
 5, 6, 7 *Sciadopitys verticillata*. 8. *Biota orientalis*. 9. *Libocedrus decurrens*. 10. *Cupressus torulosa*.



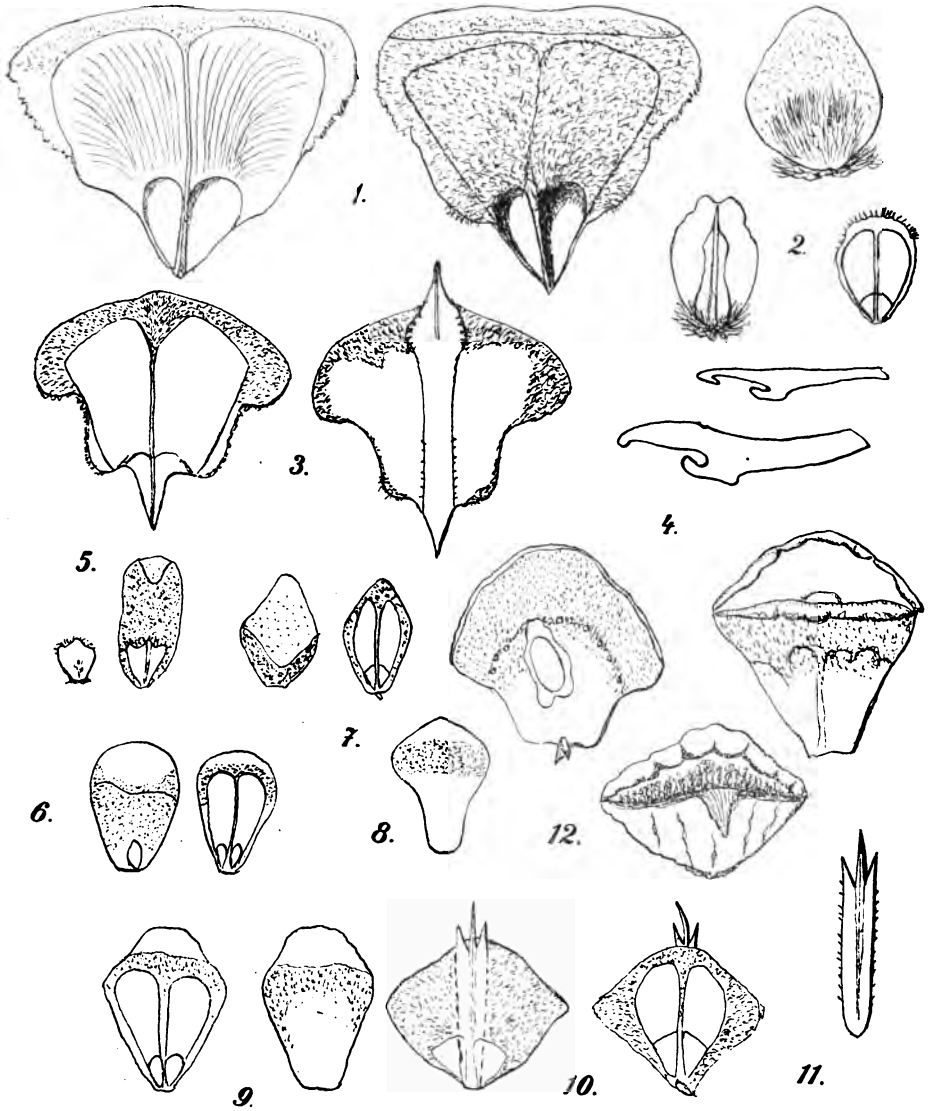




Haare der Blüten und Zapfen bei den Coniferen.

1. Larix. 2. Cedrus. 3. u. 4. Abies pectinata. 5. Abies Webbiana. 6-11. Haare von reifen Zapfen. 6. Cedrus. 7. Larix. 8. Pinus Cembra. 9. Pseudotsuga, 10. Picea excelsa. 11. Abies pectinata.

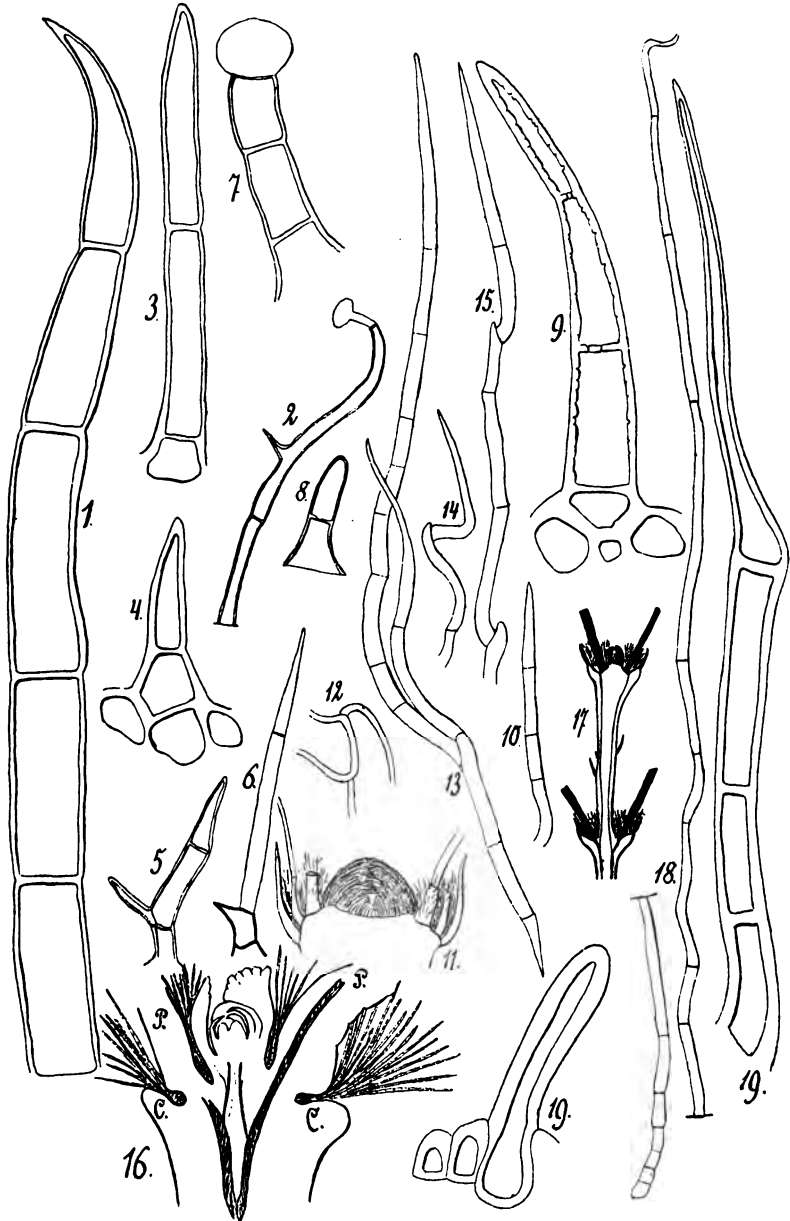




**Haare der Coniferenzapfen.**

1. *Cedrus Libani*-Zapfenschuppen, von innen (links) und von außen (rechts). Punkte und Striche sind Haare. 2. *Larix*-Zapfenschuppen. Oben *L. europaea* von außen, darunter rechts *L. europ.* unterstes Zapfenschüppchen mit Randhaaren. Links *L. kurilensis* von außen. 3. *Abies pectinata* von innen (links) und von außen (rechts). 4. Durchschnitte durch reife Zapfenschuppen von *Sciadopitys*. 5. *Larix microcarpa* mit kleiner am Rande behaarter Deckschuppe. 6. *Picea alba*. 7. *Tsuga Mertensiana*. 8. *Dammara*-Zapfenschuppe von außen. 9. *Picea Alcockiana*. 10. *Pseudotsuga Douglasii* Samenschuppe. 11. *Pseudotsuga Douglasii* Deckschuppe. 12. *Sciadopitys*. Links Schuppeninnenseite, rechts und darunter Außenseite. Die untere Schuppe ist einem unreifen Zapfen entnommen. Aus der Querwulstfalte tritt Haarwolle hervor.

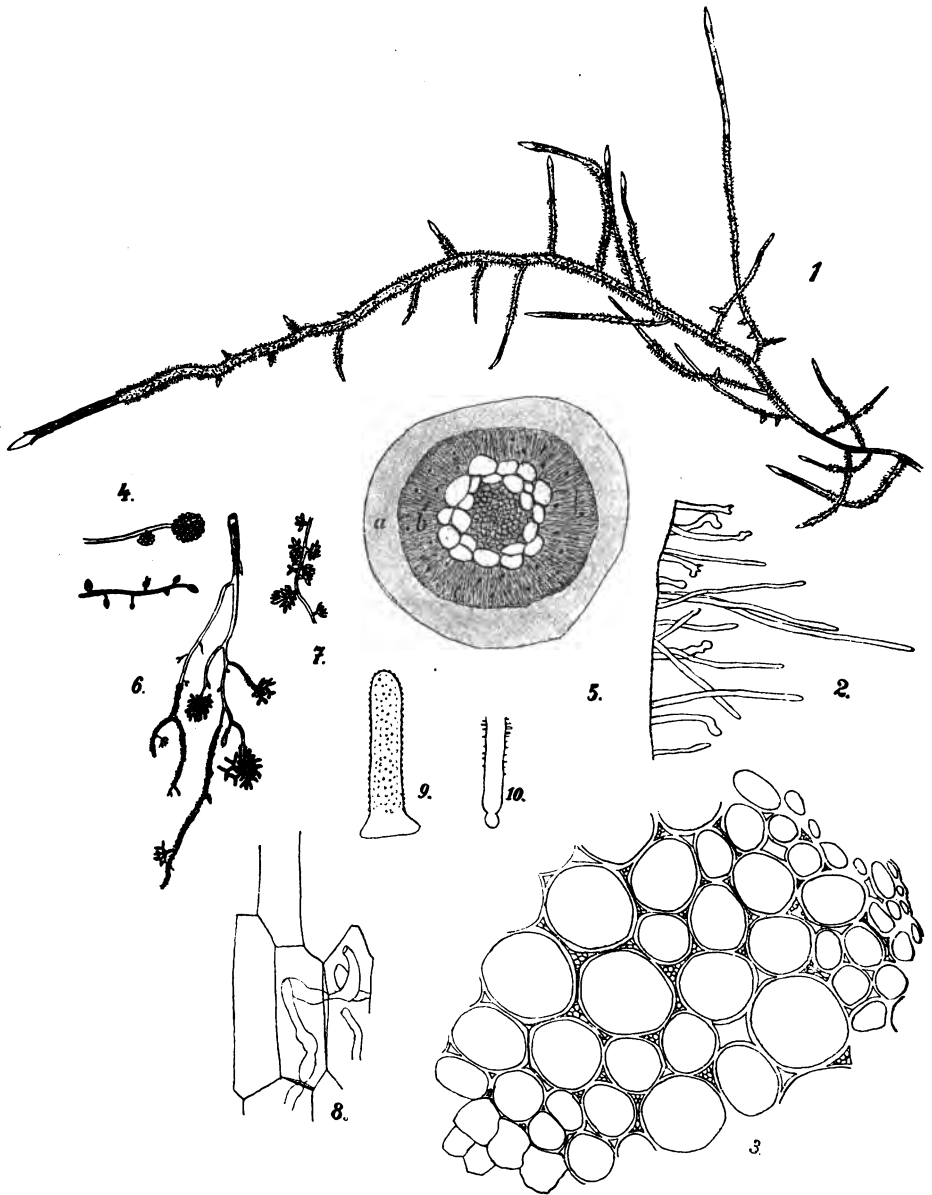




**Knospen- und Zweig-Haare der Coniferen.**

1. Haare am einjährigen Trieb von *Pinus Cembra* I. 2 und 3. Am einjährigen Trieb von *Pinus parviflora* (2jährige Pflanze.) 5, 6, 7, 8 Haare am Zweig und besonders auf den Knospebildenden Blattstiften (8) von *Picea excelsa*. 9 u. 10 am 1jährigen Trieb von *Abies pectinata*, I. resp. II. 11. *Larix europaea*, Kurztriebknospe (Loupen-Berggr.) 12 (I), 13, 14, 15 (II.) Haare auf den Nadelstiften der Kurztriebe von *Larix europaea*. 16. *Sciadopitys verticillata* (Loupenberggr.) Gipfelknospe der 1jährigen Keimpflanze im Herbst. C, C die abgeschnittenen Cotyledonen, P, P, die abgeschnittenen Primärblätter, in deren resp. Achsen Haarbüschel entstehen. 17. *Sciadopitys verticillata*, Gipfelknospe eines Seitenzweiges einer älteren Pflanze. Zwischen den Knospenhäuten und Ästen der Lang- und Kurztriebe stehen Haarbüschel. 18. Einzelnes, isolirtes Haar von 17. Links Basal des Haares rechts. II. 19. Haare am Zweig von *Cedrus atlantica*.



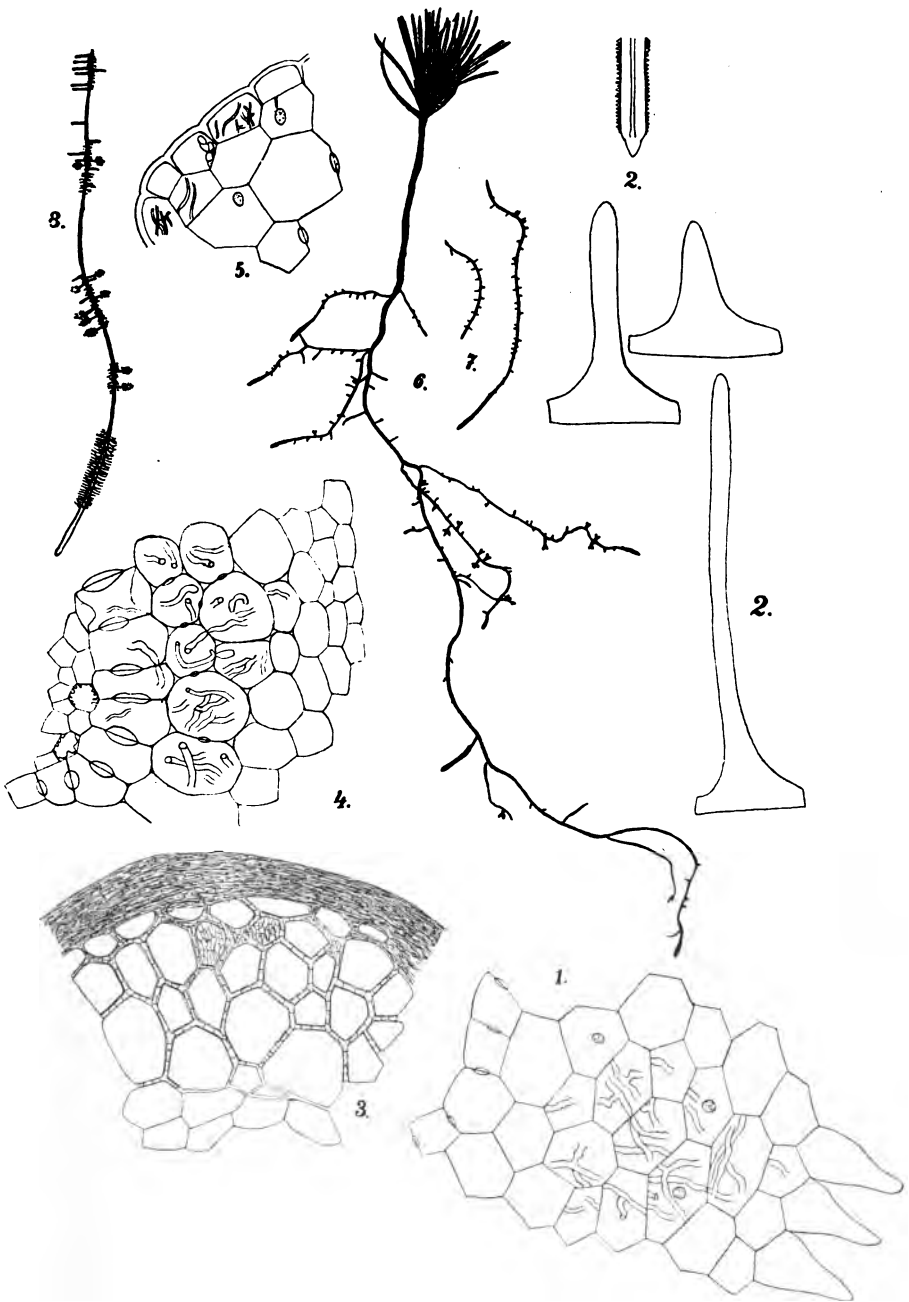


### Wurzelhaare der Coniferen.

1. ( $\frac{1}{2}$  nat. Gr.) *Cedrus Deodara* im Kübel (im Keller während des Winters), Zustand von Anfang Februar. Die Rinde schuppt sich ab an den vorwachsenden jungen Spitzen. Ueberall Behaarung. Stellenweise intercellulares Mycel wie Fig. 3 zeigt. 2 Haare von *Cedrus Deodara*. 3 Querschnitt durch eine behaarte Seitenwurzel, welche auf einer Seite intercellulares Mycel enthält. 4, 5, 6, 7 *Pinus Cembra*-Wurzeln mit Mycorrhizen und dahinter Haarpelz. 5. Durchschnitt durch ein Mycorrhizydrüfchen von 7; Bei a Pilzmantel, b Wurzelrinde mit intercellularem Mycel. Unter 4 die schwarze Wurzel zeigt außen glatte knopfige Verdickungen, erfüllt mit parasitärem Mycele im Innern. 8, 9, 10, *Taxus baccata*. 8 intracellulares Mycel in den Rindenzellen, 9 Wurzelhaar. 10 Wurzel mit Haaren.







**Wurzelhaare der Coniferen.**

1. *Cephalotaxus Fortunei*, Wurzelchen mit Wurzelhaaren und intracellularem Mycel in der lebenden Wurzelrinde. 2. Wurzelspitze von *Torreya nucifera* mit Haaren. Darunter einzelne Haare vergrößert. 3. *Larix europaea*-Mycorrhiza. Die äußerlich unveränderte Saugwurzel zeigt Rhizomantel und intercelluläres Mycel in der Wurzelrinde. 4. *Cryptomeria japonica* Wurzel mit intracellulären Hyphen. 5. *Araucaria Cunninghamii*. Die Pilzbefallenen Epidermiszellen sind meist gedrückt. 6. Einjährige Fichte aus Waldboden, theilweise mit Mycorrhizen, die zum theil auch Gabelung zeigen. 7. Wurzel in Wasser gezogener Pflanzen mit sehr gleichmäßiger Anordnung ohne Mycorrhizen. 8. Wurzel einer blühenden Fichte in nicht sterilisirtem gelbem Lehmboden gezogen, mit Behaarung der Haupt- und Nebenwurzeln.



Verlag der **M. Rieger'schen Universitäts-Buchhandlung**  
(G. Sinner)  
München, Odeonsplatz 2.

---

Seit 1892 erscheint bei uns:

## Forstlich-naturwissenschaftliche Zeitschrift.

Zugleich

Organ für die Laboratorien der Forstbotanik,  
Forstzoologie, forstlichen Chemie, Bodenkunde und  
Meteorologie in München.

---

Unter Mitwirkung zahlreicher Fachgelehrter und Forstbeamten  
herausgegeben von

**Dr. Carl Freiherr von Tubenf,**  
Privatdozent an der Universität München.

---

Die forstlich-naturwissenschaftliche Zeitschrift erscheint in monatlichen  
Heften von 2 bis 3 Druckbogen und giebt somit Jahreshände von  
ca. 30 Druckbogen mit zahlreichen Tafeln, Karten und Illustrationen.  
Dieselbe ist durch jede Buchhandlung um den Preis von 12 *M* pro  
Jahrgang zu beziehen.

**M. Rieger'sche Universitäts-Buchhandlung.**  
(Gustav Sinner.)  
München, Odeonsplatz 2.