

Zur Kenntnis der Entwicklung und der Inhaltsstoffe der Nadeln der Coniferen im ersten Jahre.

Von

† Walter Kracht, Marienheide, Bez. Cöln.

Einleitung.

Kirchhoff fand in seinen Untersuchungen „Über das Verhalten von Stärke und Gerbstoff in den Nadeln unserer Coniferen im Laufe des Jahres“¹⁾ für die älteren Nadeln das folgende:

„Wenn Ende Februar die Temperaturverhältnisse nicht ungünstig sind, erscheinen in den Nadeln unserer Coniferen die ersten Stärkeeinschlüsse. Schnell steigert sich ihre Menge, bis in den Monaten April bis Juni das Maximum erreicht wird. Um diese Zeit strotzen fast sämtliche Jahrgänge und sämtliche Gewebe von Stärke, die Färbung mit Chloraljod ist eine tief blauschwarze. Nach diesem Maximum setzt ein mehr oder minder rascher und andauernder Stärkeschwund ein.“ Er beginnt bei *Pseudotsuga* schon im Mai, bei *Tsuga diversifolia* erst im Juli und bei den übrigen Objekten im Juni. Im Dezember und Januar sind die Nadeln vollkommen oder fast vollkommen stärkefrei.

Die diesjährige Nadel untersuchte er eingehend erst von dem Augenblick an, wo sie fertig ausgebildet ist. Nur zur Orientierung wurden von ihm auch die Knospe und die noch in ihr eingeschlossene Nadel behandelt.

Die vorliegenden Untersuchungen sind als Ergänzung zu Kirchhoff's Arbeit gedacht. Sie stellen sich also einmal die Aufgabe, die anatomische Entwicklung der Nadel in ihren Hauptzügen zu verfolgen, und weiterhin das Verhalten von Stärke und Gerbstoff in ihr während dieser Zeit; dabei sollte auch festgestellt werden, welche Unterschiede sich in dieser Beziehung in den einzelnen Geweben zu den verschiedenen Zeitpunkten finden.

Was die Arbeiten über die Entwicklungsgeschichte des Blattes und den wechselnden Stärkegehalt in ihm anbetrifft, so kann ich

¹⁾ Diss. Göttingen. 1913.

auf die ausführliche Literaturübersicht verweisen, die Glatzel in der Einleitung zu seiner Dissertation „Über das Verhalten der Stärke in sich entwickelnden Blättern“, Göttingen 1912, gibt.

Glatzel selbst fand etwa folgendes: Bei den untersuchten Objekten zeigten sich für das Verhalten der Stärke zwei Typen. „Typus I ist in seinem Rhythmus ausgezeichnet durch zwei Maxima, Typus II dagegen nur durch ein Maximum.“ „Maximum I fällt in das Gebiet der Knospe, bezw. in die Region der unentfalteten Blattspreite.

Das Minimum fällt im allgemeinen in die Region der Spreitenentfaltung.

Das Maximum II liegt entweder in eben oder in noch nicht ganz ausgewachsenen Blättern.“

Typus II können wir als Reduktion von Typus I auffassen, da hier nur das primäre, in den jüngsten Blattanlagen liegende Maximum fortgefallen ist.

Die von mir untersuchten Objekte schließen sich sämtlich dem Typus I an.

Über die Entwicklung der jungen Nadel und das Verhalten von Stärke in ihr während dieser Zeit liegen Kirchhoff's Angaben in der Literatur vor, auf die ich am Schlusse meiner Arbeit noch eingehend zurückkommen werde.

Bei der Knospe habe ich mich darauf beschränkt, die einzelnen Objekte anatomisch und in bezug auf Stärke und Gerbstoff im Herbststadium zu vergleichen.

Über das Verhalten der Reservestoffe in den Knospen im Laufe eines Jahres liegen in der Literatur eine ganze Reihe von Angaben vor, die in der Einleitung zu Larkum's Dissertation „Beiträge zur Kenntnis der Jahresperiode unserer Holzgewächse“, Göttingen 1914, zusammengestellt sind. Hinweisen möchte ich auch noch auf die Untersuchungen von Busse, die sich mit den periodischen Veränderungen der Knospe von *Abies pectinata* beschäftigen.¹⁾

Zum Schlusse ist noch zu erwähnen, daß die Angaben über die Knospe von *Taxus baccata* aus der angeführten Arbeit Larkum's entnommen sind.

Die vorliegenden Untersuchungen sind von Januar bis Dezember 1914 im Pflanzenphysiologischen Institute zu Göttingen durchgeführt worden. Das Material entstammt dem Botanischen Garten mit Ausnahme von *Pseudotsuga Douglasii*, deren Knospen und Nadeln einer Anhöhe in der Nähe Göttingens, dem Hainberge, entnommen wurden. Der mikrochemische Nachweis auf Stärke wurde in der üblichen Weise mit Chloraljod ausgeführt. Zur Fällung der unter dem Namen „Gerbstoff“ zusammengefaßten Substanzen wurde das geeignet angeschnittene Material unter der Wasserstrahlluftpumpe mit gesättigter Kaliumbichromatlösung injiziert. Nachdem es einige Tage in der Lösung gestanden hatte,

¹⁾ Flora 77, 1893, S. 103.

wurde es vollkommen ausgewässert und dann in Formalinwasser aufgehoben.

Nach dem Antrieb der Knospe wurden die Querschnitte durch die Mitte der Nadel gelegt.

Da für die Stärkespeicherung die Temperaturverhältnisse nicht unwichtig sind, mögen sie zum Schlusse noch Erwähnung finden.

Der Januar 1914 war sehr kalt und klar. In annähernd ein Drittel der Tage sank die Temperatur abends um 6 Uhr schon unter 0°. Februar und März waren sehr milde und vielfach regnerisch. Das Thermometer sank nicht mehr unter 0°. Verhältnismäßig klar war der April, während der Mai eine ziemlich kalte und feuchte Witterung zeigte. In der ersten Hälfte des Juni war es sehr heiß.

Erklärung einiger Abkürzungen.

Ha. = Harzkanal.	Prok. = Prokambium.
Ha.Schd. = Harzkanalscheide.	Schw. = Schwammgewebe.
Ma. = Mark.	Transfg. = Transfusionsgewebe.
Ma.Erw. = Markerweiterung.	Vk. = Vegetationskegel.

Einzeluntersuchungen.

Pinus montana.

Das Material wurde einem jungen, kräftigen, strauchigen und gut beleuchteten Exemplar vom *Alpinum* des Botanischen Gartens entnommen.

Bau der Knospe: Siehe auch „Lebensgeschichte der Blütenpflanzen“, I, S 224.

Knospe umgeben von einer sehr starken Knospendecke. Ep. der Knospenschuppen sehr stark verdickt. Nach innen zu sukzessive abnehmend. Lumen in der Ep. der äußeren Schuppen fast verschwunden. Zwischen den einzelnen Schuppen Harz. Außerdem greifen die einzelnen Schuppen durch Randhaare ineinander. Jede Schuppe besitzt 2 Ha. und ein rudimentäres Bdl. Unter der Ep. 2—6 Schichten tangential flachgedrückter Parenchymzellen. Die inneren Schuppen zarter gebaut. In der Knospendecke eine Hauptknospe und zahlreiche Achselknospen. Die Hauptknospe liefert den Trieb, die Achselknospen die Nadeln. Jede Achselknospe treibt 2, noch lange nach dem Austrieb von einer starken Kurztriebscheide umgebene Nadeln.

Bau der Nadel. 5. X. 14.

Querschnitt halbkreisförmig, oben flach, unten abgerundet. Ep.-Zellen doppelt so hoch als breit; sehr stark verdickt. Spaltenförmiges Lumen kaum erkennbar. Hyp. meist einschichtig. An den Kanten auch zweischichtig. Verdickung mäßig. Spöffn. durchbrechen ober- und unterseits das Hyp. Im Mes. an das Hyp. angrenzend 2 typische Ha. an den Kanten, 1—4 akzessorische ober-

und unterseits. Ha. von einer sklerenchymatischen Ha.-Schd. umgeben. Innerhalb zartwandiges Epithel. Mes. nicht gesondert in Pa. und Schwg. Eine allseitig geschlossene Endodermis umgibt den elliptischen Zentralz. End.-zellen ziemlich großlumig, tangential gestreckt. Im Zentralz. 2 Bdl. getrennt durch einen breiten Par.-strang; letzterer teilweise sklerenchymatisch verdickt. Zwischen Holz- und Siebteil eine sehr schmale Cambiumzone. Bd. umgeben von einem typischen Transfg. und durchzogen von einer Anzahl Markstrahlen. Sklerenchymfasern das Transfg. unterseits in einem Querstrang durchsetzend, aber nicht in allen Schnitten. Dazwischen einzelne nicht verdickte Zellen. Einige oder wenige sklerenchymatische Zellen oberseits.

Anatomische Entwicklung der Nadel.

17. IV. 14.

Knospenlänge 2,5 cm, Nadel 0,25 cm. Junge Nadel meristematisch, differenziert in Ep., Mes. und Zentralz. Im Zentralz. das Transfg. von den inneren Geweben durch die Größe der Zellen etwas unterschieden. Ha. angelegt. Lumen noch durch die Epithelzellen ausgefüllt.

27. IV. 14.

Knospenlänge 4,2 cm, Nadel 0,5 cm. Beginn der Streckung: Ep. unverdickt, radialgestreckt. Hyp. unverdickt. Mes. beginnt mit Wellung der Membranen. Spöffn. in der Ausbildung begriffen. Hintere Atemhöhle sehr klein; End. noch kleiner und zarter wie im ausgebildeten Zustande. Transfg. noch zart. Membranen noch ohne Tüpfel. Innerer Zentralz. gesondert in die beiden Bdl. und den Parenchymstrang.

11. V. 14.

Trieblänge 7,1 cm, Nadel 1 cm. Ep. z. T. unverdickt, z. T. etwas verdickt. Hyp. unverdickt. Fältelung der Membranen der Mes.-zellen fortgeschritten. Spöffn. fast fertig; hintere Atemhöhle bedeutend vergrößert. HaSchd. unverdickt. End.-zellen mehr tangential gestreckt, zart. Transfg. nur in einem Teil der Schnitte schon mit Tüpfeln. Parenchymstrang breiter geworden.

25. V. 14.

Trieblänge 11,6 cm, Nadel 2,6 cm. Ep. etwas verdickt; Hyp. zart. HaSchd. noch unverdickt; End.-zellen noch zart. Weiterhin Zunahme der Tangentialstreckung. Parenchym zwischen dem Bdl. bedeutend breiter. Transfg. mit Tüpfeln.

8. VI. 14.

Trieblänge 12,3 cm, Nadel 3,5 cm. Ep. halb fertig verdickt; Hyp. unverdickt. HaSchd. noch zart; End. desgleichen. Differenzierung der Bdl. prägnanter.

22. VI. 14.

Trieblänge 12,6 cm, Nadel 5,1 cm. J. Nadel morphologisch ausgewachsen. Ep. sehr stark verdickt. Spaltenförmiges Lumen kaum erkennbar. Hyp. mäßig verdickt. Innere Atemhöhle stark in die Länge gezogen. HaSchd. stark verdickt. End. sehr gering

verdickt. Unterseits im Transfg. Sklerenchymzellen verdickt. Par. zwischen den Bdl. stark verbreitert und in einzelnen Zellen etwas verdickt.

30. VII. 14.

Trieblänge 12,9 cm, Nadel 5,1 cm. Zunahme der Verdickung in der Ep. Hyp. unverändert; desgleichen das Mes. und die Spöffn. HaSchd. geringe Zunahme der Verdickung. Sklerenchymzellen unterhalb der Bdl. weiterhin Zunahme der Verdickung. Oberseits wenige sklerenchymatische Zellen.

5. X. 14.

Trieblänge 12,8 cm, Nadel 5,1 cm. Morphologisch und anatomisch keine Änderung.

Stärke.

30. IX. 14.

Knospenlänge 1,2 cm. J. Nadel stärkefrei. Die umgebenden Schuppen mit viel, schwarzblau.

17. IV. 14.

Knospenlänge 2,5 cm, Nadel 0,25 cm. J. Nadel im Mes. in einigen Zellen etwas St.; besonders um den Zentralz. Die inneren Knospenschuppen auf der Oberseite etwas, weniger auf der Unterseite. J. Schuppen mehr wie ältere.

27. IV. 14.

Knospenlänge 4,2 cm, Nadel 0,5 cm. Ep. Spuren von St. Das angedeutete Hyp. st.-arm. Mes. etwas. HaSchd. und Epithel frei. End. viel, blau. Desgl. das Transfg. Innerer Zentralz. frei.

4. V. 14.

Trieblänge 5,6 cm, Nadel 0,7 cm. Wenig St. in der Ep. und dem Hyp. Im Mes. minimale Mengen von feinkörniger St. Schließzellen wenig. HaSchd. und Epithel frei. End. ziemlich St., unterseits und an den Flanken, weniger oberseits. Transfg. in einer großen Zahl von Zellen ziemlich viel, besonders an den Flanken. Die späteren Tracheiden frei. Innerer Zentralz. frei.

12. V. 14.

Trieblänge 7,1 cm, Nadel 1 cm. Geringe St.-abnahme. Ep. und Hyp. sehr minimale Mengen von feinkörniger St. Mes. fast frei. Schließzellen wenig. HaSchd. und Epithel frei. End. ziemlich St.; Transfg. in einigen Zellen der Flanke viel, eine große Zahl von Zellen, die späteren Tracheiden frei. Innerer Zentralz. desgleichen.

25. V. 14.

Trieblänge 11,6 cm, Nadel 2,6 cm. Weiter St.-abnahme. Beginn der Verdickung der Ep. Ep. wenig; desgleichen das Hyp. Mes. frei. HaSchd. und Epithel desgleichen. Schließzellen ziemlich St. End. wenig; Transfg. in einigen Zellen, besonders der Flanke, viel, ober- und unterhalb weniger. Innerer Zentralz. frei.

8. VI. 14.

Trieblänge 12,3 cm, Nadel 3,5 cm. St.-zunahme. Ep. halbfertig verdickt. Ep. und Hyp. frei. Mes. sehr wenig St. HaSchd. und Epithel frei. Schließzellen ziemlich St.; desgleichen die Endo-

dermis, besonders an den Flanken. Transfg. in einigen Zellen viel; st.-haltige Zellen zahlreich an den Flanken; innerer Zentralz. frei.

22. VI. 14.

Trieblänge 12,6 cm, Nadel 5,1 cm. St.-zunahme. Ep. und Hyp. frei; Mes. wenig Assimilationsstärke, z. T. mehr. Ansammlung um den Zentralz., violett. Flanken st.-arm. Schließzellen viel. HaSchd. und Epithel frei. End. zum größten Teil frei, nur in einzelnen Zellen wenig. Transfg. in einzelnen Zellen viel, besonders an den Flanken. Parenchym zwischen den Bdl. frei. Markstrahlen etwas, Sklerenchymatische Elemente st.-arm. Leitbündel frei.

7. VII. 14.

Trieblänge 12,7 cm, Nadel 5,1 cm. St.-zunahme. Ep. und Hyp. frei; Mes. ziemlich viel feinkörnige St. Schließzellen viel; HaSchd. und Epithel frei. End. in einzelnen Zellen viel. Die größte Zahl der Zellen frei. Transfg. an den Flanken in vielen Zellen blau, ober- und unterseits fast frei. Sklerenchymzellen etwas; Markstrahlen in einzelnen Zellen desgleichen. Siebteil etwas. Gefäßteil und Parenchym frei.

Summarische Untersuchungen der j. Nadel wurden von Kirchhoff ausgeführt von März bis Mitte Juni. Eingehendere Untersuchungen machte er vom Juli bis Dezember. Die nachstehenden Angaben sind aus seiner Dissertation S. 12—17 entnommen.

22. VII. 1911.

„Nadellänge 5,5 cm, hellgrün, zart, mäßig viel St. Makr.: Mes. um den Zentralz. eben wahrnehmbar blau. Mikr.: Mes., peripher sehr verteilt, feinkörnig, im Umkreise des Zentralz. besonders oben und unten dichter und etwas grobkörnig. End. meist frei, einige Zellen etwas grobkörnig, andere mehr. Transfg. mittel viel, grobkörnig, oberseits weniger. Tracheiden und einige andere Zellen ganz frei. Bdl. etwas im Holzparenchym. Spuren in den Strahlen des Siebteils oder unterhalb desselben.

13. VIII. 12.

Nadellänge 6,5 cm. Makr.: Umgebung des Zentralz. schwachblau. Mikr.: Mes. peripher teils frei, teils (an einer Seite) Spuren. Innen um den Zentralz. besonders oben und unten meist wenig bis ziemlich wenig, einige Zellen etwas mehr. End. meist geringe Mengen, einige Zellen frei. Transfg. meist mäßig- bis mittelviel. Eine Anzahl von Zellen, besonders seitlich, ziemlich viel; häufig ganz frei. Bdl.: Spuren im Holzparenchym, sowie unterhalb oder seitlich nach innen vom Bdl.

6. IX. 12.

Nadellänge 6,5 cm. Mes. um den Zentralz. sehr wenig, ziemlich feinkörnig, blaß blau; peripher meist frei, seltener Spuren. End. meist frei, eine Anzahl Zellen mit wenig oder sehr wenig St. Transfg. meist frei, einige Zellen besonders unten mit geringen Mengen.

12. X. 11.

Nadellänge 5,5 cm. Mes. rötlich, ein Teil der Zellen sehr feinkörnig; End. und Transfg. einige Zellen bläulich gefärbt.

1. XI. 11.

Nadellänge 5,2 cm. Lupe: End. und Transfg. blau; Mes. schwachblau. Mikr.: Mes. schwachblau bis violett, eine Seite dunkler, meist verquollen oder seltener körnige Spuren. End. blau, verquollen, mit freien Unterbrechungen. Transfg. teils violett oder blau, teils frei. Holzparenchym schwachblau.

4. XII. 11.

Nadellänge 5,7 cm. Lupe: End. blau. Mikr.: Mes. ziemlich wenig, feinkörnig. Einige Zellen seitlich von der End. weniger; End. ziemlich viel, grobkörnig, Einzelzellen frei. Transfg. meist ziemlich wenig; einige Zellen ziemlich grobkörnig und mehr. Bdl. bisweilen etwas in oder über dem Holzteil.

Orientierende Untersuchungen.

7. III. 11.

Nadeln eben angelegt; ohne St., Niederblätter mittelviel.

17. IV. 12.

Nadelpaar in die Länge gewachsen; etwas St. an der Spitze.

10. V. 12.

Nadellänge 0,5 cm. Sehr zart, von Niederblättern umgeben. Makr.: Transfg. blau. Mikr.: Frei oder sehr wenig. Mes. sehr wenig, einzelne Zellen der Flanken blau. End. sehr wenig. Transfg. ziemlich viel, ziemlich grobkörnig, blau.

17. V. 12.

Im ganzen weniger als am 10. V. Trieblänge 15 cm, Nadel 1 cm. Noch eingehüllt. Makr.: Wie am 10. V. Mikr.: Mes. wenig, feinkörnig, eine Seite mehr. End. schon etwas verdickt, etwas körnige St. In den Schnitten, wo Tüpfelung im Transfg. beginnt, mehr in End., weniger im Transfg. als am 10. V. Transfg. ähnlich wie am 10. V.

30. V. 12.

Trieblänge 22 cm, Nadel 1,7 cm. Hellgrün. Spitze dunkelgrün. Eingehüllt bis auf die Spitze.

Spitze der Nadel: Makr.: Intensiv blau. Mikr.: Mes. sehr viel. Körner mittelgroß, peripher dunkler. End. ziemlich viel: Transfg. in einigen Zellen desgleichen, in anderen weniger oder frei. St. überall etwas verquollen.

Mitte der Nadel: Ep. schon etwas verdickt, sonst wie die älteren Schnitte vom 17. V.

12. VI. 12.

Trieblänge 26 cm, Nadel 3,5 cm. Grün. Lupe: Seitliches Transfg. schwachblau. Nadel fertig ausgebildet. Mikr.: Mes. sehr wenig, feinkörnig. End. meist frei; einzelne Schnitte in einzelnen Zellen Spuren. Transfg. frei oder fast frei, seitlich mehr.“

Gerbstoff.

5. X. 14.

J. Nadel gerbstofffrei. Äußere Ep. der Knospenschuppen in der Mitte gelbbraun, an den Flanken gerbstofffrei.

17. IV. 14.¹⁾

Zweierlei Schnitte. Jüngere gerbstofffrei. Ältere: Ep. frei. Mes. in den Randpartien schmutzig grau, besonders ober- und unterseits, weniger an den Flanken. Tröpfchenförmige Ausfällung. Im Zentralz. 6 gelbbraune Zellen und zwar unterseits im Transfg. in der Nähe der End. Die übrigen Gewebe frei.

27. IV. 14.

Ep. gerbstoffarm, die der äußeren Atemhöhle anliegenden Zellen gelblich bis gelbbraun. Hyp. gelbbraun; Mes. gleichfalls. Schließzellen gelblich. End. zum größten Teil gerbstofffrei, einzelne Zellen gelblich. Transfg. in den meisten Zellen gelbbraun. Parenchymstrang desgleichen; innerer Zentralz. gerbstofffrei.

Längsschnitt: Ep. im oberen Teil schwach gelblich; im unteren gerbstofffrei. Desgleichen der Gerbstoffgehalt im Mes. von der Basis nach der Spitze zunehmend. An der Spitze dunkelbraun. In dem unteren Teil das Transfg. gerbstofffrei, im oberen gerbstoffhaltig.

11. V. 14.

Ep. gelblich; gelbbraun in den der äußeren Atemhöhle anliegenden Zellen. Hyp. rotbraun; Mes. desgleichen. HaSchd. in einigen Zellen rotbraun, die anderen gelblich. Epithel gelblich. End. in einzelnen Zellen gelbbraun. Die größte Zahl der Zellen gerbstoffarm. Transfg. in der Hälfte der Zellen gelblich; die andere gerbstofffrei. Parenchymstrang gelblich. Bdl. gerbstofffrei.

25. V. 14.

Geringe Abnahme. Ep. gelblich, besonders die der äußeren Atemhöhle anliegenden Zellen. Hyp. gelbbraun. Mes. rotbraun. Schließzellen gerbstoffarm. HaSchd. in einigen Zellen braun, die größte Zahl der Zellen gerbstofffrei. Epithel gelblich; End. in einzelnen zerstreut liegenden Zellen braun; die größte Zahl der Zellen gerbstofffrei. Transfg. in einzelnen Zellen braun, in anderen gelblich. Eine große Zahl von Zellen frei. Oberseits die Zahl der gerbstoffhaltigen Zellen geringer wie an den Flanken und unterseits; die Zahl der gerbstoffhaltigen Zellen an den Flanken am größten. Parenchym zwischen dem Bdl. schwach gelblich. Bdl. gerbstofffrei.

22. VI. 14.

Geringe Znnahme. Ep. gerbstofffrei. Hyp. dunkelbraun. Mes. gelb bis rotbraun. Schließzellen schwach gelblich. HaSchd. in einigen zerstreut liegenden Zellen rotbraun; die anderen gelblich. Epithel schwach gelblich. End. gerbstofffrei, nur einzelne zerstreut liegende Zellen braun. Die Zahl der gerbstoffhaltigen Zellen im Transfg. an den Flanken größer, wie ober- und unterseits; eine große Zahl von Zellen frei. Die sklerenchymatischen Elemente teils gelbbraun, teils gelblich, teils frei. Parenchymstrang zwischen den Bdl. frei, mit Ausnahme sehr weniger, gruppenförmig zusammenliegender, schwach gelblicher Zellen. Markstrahlen gelbbraun. Bdl. gerbstofffrei.

¹⁾ Wegen der Nadellängen vergl. S. 496 f.

30. VII. 14.

Zunahme. Ep. frei. Hyp. dunkelbraun. Mes. braun bis dunkelbraun. Schließzellen gelblich. HaSchd. gelbbraun. Epithel gelblich. End. gerbstofffrei, nur in einzelnen zerstreut liegenden Zellen dunkelbraun. Transfg. seitlich die meisten Zellen braun; einzelne Zellen frei. Die Zahl der gerbstoffhaltigen Zellen etwas geringer unterseits, oberseits nur einige Zellen braun, die größte Zahl der Zellen gerbstofffrei. Die sklerenchymatischen Elemente unterseits gelbbraun, teilweise gerbstofffrei; oberseits gelblich. Parenchymstrang zwischen den Bdl. gerbstofffrei. Markstrahlen gelbbraun. Bdl. gerbstofffrei.

5. X. 14.

Bedeutende Zunahme. Ep. gerbstofffrei. Hyp. schwarzbraun. Mes. dunkelbraun. Schließzellen gelblich. HaSchd. schwarzbraun. Epithel gelblich. End. gerbstofffrei; nur einzelne zerstreut liegende Zellen dunkelbraun. Transfg. an den Flanken die meisten Zellen braun; unterseits die Zahl etwas geringer; oberseits nur einzelne Zellen braun. Die sklerenchymatischen Elemente gelblich; einige Zellen gerbstofffrei, oberseits bräunlich. Parenchym zwischen den Bdl. gerbstofffrei. Markstrahlen gelb bis dunkelbraun. Bdl. gerbstofffrei.

2. XII. 14.

Sehr geringe Zunahme. Ep. gerbstofffrei. Hyp. schwarzbraun. Mes. dunkelbraun. HaSch. gelbbraun. Epithel gerbstofffrei. End. gerbstofffrei mit Ausnahme einiger Zellen oberseits. Transfg. an den Flanken Ansammlung der braunen Zellen, viele unterseits. Oberseits gerbstofffrei in den meisten Schnitten; in den anderen einzelne braune Zellen. Parenchymstrang gerbstofffrei. Markstrahlen dunkelbraun.

Von Kírchhoff wurden Untersuchungen im Sommer und Winter ausgeführt. Die nachstehenden Angaben sind seiner Dissertation S. 17 und 18 entnommen.

22. VII. 1911.

„Hyp. braun. Mes. braun, einzelne Zellen und besonders peripher häufig etwas intensiver. HaSchd. meist gelblich braun; einige Zellen reinbraun. Epithelzellen schwach gelblich. End. schwach gelblich grau; vereinzelt Zellen unten bräunlich. Transfg. meist dunkelbraun (besonders seitlich), körnig oder gelbrotbraun, homogen. Tracheiden und andere Zellen farblos. Bdl.: Markstrahl teils gelblich-braun, teils braun (Holzteil). Unterhalb des Siebteils desgleichen in einigen Zellen.

19. I. 1912.

Erheblich mehr als am 22. VII. Hyp. schwarzbraun. Mes. schwärzlich braun. Körnig oder Anzahl von Zellen rotbraun, homogen. HaSch. gelblich oder rötlich-braun, homogen, oder schwärzlich-braun körnig. Epithel graugelb, vereinzelt schwärzlich braun. End. bräunlich gelb, einige Zellen wenig intensiver. Transfg. dunkel- bis schwarzbraun, körnig. Einige Zellen rotbraun. Bdl.: Holzparenchym bräunlich gelb; Markstrahlen bezw. Parenchym

unterhalb des Bündels teils schwärzlich-braun, teils rötlich-braun (homogen). Fasern wenig.“

Zusammenfassung.

Anatomische Entwicklung.

Die junge Nadel wird bei diesem Objekt sehr spät gebildet. Im September sind eine Anzahl Nadeln vorhanden, aber erst später werden sämtliche angelegt. Das Längenwachstum erfolgt im Frühjahr gegenüber den anderen untersuchten Objekten sehr schnell. Gleichzeitig setzt eine frühzeitige Differenzierung ein. Mitte April hat die Nadel schon eine Länge von 2,5 mm erreicht und ist differenziert in Epidermis, Mesophyll, Transfusionsgewebe und die inneren Gewebe des Zentralzylinders. Die Harzkanäle sind angelegt, aber ihr Lumen ist noch durch die Epithelzellen ausgefüllt. Ende April werden dann zum erstenmal kenntlich das Hypoderm, die Endodermis und die in der Ausbildung begriffenen Spaltöffnungen. Der innere Zentralzylinder zeigt eine Differenzierung in das Transfusionsgewebe, die Bündel und den Parenchymstrang. Von Mitte April ab nimmt die Nadellänge sehr schnell zu. Anfang Juni sind sämtliche Gewebe wesentlich ausgewachsen, nur hat noch keine Verdickung stattgefunden, mit Ausnahme der halbfertig verdickten Epidermis. Letzteres deutet auf das Ende der Streckungsperiode hin, die Mitte des Monats erreicht wird. Dann folgt eine sehr schnelle Zunahme der Verdickung der Epidermis, des Hypoderms, der Harzkanalscheide und einzelner Zellen des Parenchyms zwischen den Leitbündeln. Von Ende Juni ab nimmt nur noch die Verdickung der Epidermis, der Harzkanalscheide und vor allem der sklerenchymatischen Elemente des Zentralzylinders zu. Die Untersuchung von Anfang Oktober weist keine Änderung in anatomischer Hinsicht auf.

Stärke.

Die junge, in der Knospe eben angelegte Nadel ist in den Herbstmonaten noch stärkefrei. Im April enthält sie auch noch wenig. Im Mesophyll befindet sich in einigen Zellen etwas, besonders um den Zentralzylinder. Die Stärkezunahme hält an bis in die ersten Tage des Mai. Anfang dieses Monats erfolgt das Austriebsmaximum. Zu dieser Zeit enthält das Transfusionsgewebe in einer großen Zahl von Zellen ziemlich viel, besonders an den Flanken, die Endodermis ziemlich Stärke unterseits und an den Flanken, weniger oberseits. Geringe Mengen von feinkörniger Stärke finden sich auch im Mesophyll. Frei sind das innere Gewebe des Zentralzylinders, die Harzkanalscheiden und das Epithel. Die letzten beiden bleiben es auch während der ganzen Untersuchung. Von Anfang Mai ab erfolgt die Abnahme. Das Streckungsminimum wird Ende Mai erreicht. Zu dieser Zeit enthält das Transfusionsgewebe in einigen Zellen, besonders an den Flanken, viel Stärke; ober- und unterseits weniger. Das Mesophyll ist frei.

Gleichzeitig tritt auch zum letzten Mal Stärke auf in der Endodermis und dem Hypoderm. Von Anfang Juni ab sind die letzten beiden frei. Nach dem Streckungsminimum erfolgt wieder eine Zunahme. Das Hauptmaximum wird Mitte Juli erreicht. Auch zu dieser Zeit ist das Transfusionsgewebe in der größten Zahl seiner Zellen durch viel Stärke, besonders an den Flanken, ausgezeichnet. Das Mesophyll enthält ziemlich viel feinkörnige Stärke. Viel enthalten auch die Schließzellen und die Endodermis in einzelnen Zellen. Etwas findet sich in den sklerenchymatischen Elementen, in einzelnen Zellen der Markstrahlen und im Siebteil. Von da an folgt eine langsame Abnahme. Sie setzt vor allem ein im Mesophyll und Transfusionsgewebe. Im Oktober ist wieder ein Minimum erreicht. Zu dieser Zeit färbt sich das Mesophyll rötlich. In einem Teil der Zellen befindet sich sehr feinkörnige Stärke. Die Endodermis und das Transfusionsgewebe sind in einigen Zellen bläulich gefärbt. Im November setzt dann nochmals eine Stärkespeicherung ein, während im Dezember der Stärkegehalt wieder abnimmt.

Von Mitte Juli ab sind die Angaben aus Kirchhoff's Untersuchungen entnommen.

Gerbstoff.

Im Herbst und Winter ist die junge, noch in der Knospe befindliche Nadel gerbstofffrei. Auch Mitte April sind die jüngeren Teile noch ohne Gerbstoff. In den älteren Partien findet sich in dieser Zeit wenig, im Mesophyll in den Randpartien und besonders ober- und unterseits. In dem Transfusionsgewebe zeigten sich unterseits einige gelbbraune Zellen. Von da ab nimmt der Gerbstoffgehalt sehr schnell zu, so daß Ende des Monats schon das Hypoderm, das Mesophyll, der Parenchymstrang und die meisten Zellen des Transfusionsgewebes gelbbraun sind. Im Längsschnitt zeigt sich, daß der Gerbstoffgehalt von der Basis nach der Spitze zunimmt. In der zweiten Hälfte des Mai, d. h. zur Zeit der Streckungsperiode, nimmt der Gerbstoffgehalt ab. Vom Juni ab erfolgt dann wieder eine langsame Zunahme, die aber im September schon bedeutend ist und bis Dezember anhält. Mitte Dezember ist nur das Hypoderm schwarzbraun; dunkelbraun dagegen sind das Mesophyll, das Transfusionsgewebe in den meisten Zellen, besonders an den Flanken und auch unterseits, und die Markstrahlen. Von der Zeit der Verdickung an ist die Epidermis gerbstofffrei.

Auch bei diesem Objekt zeigt sich nach Kirchhoff mit wachsendem Alter der Nadeln eine Zunahme des Gerbstoffs.

Taxus baccata.

Das Material wurde einem alten, kräftig entwickelten, strauchigen Exemplar des botanischen Gartens, und zwar von der Südseite, entnommen.

Eigene Untersuchungen über die Bauverhältnisse und Inhaltsstoffe der Knospe wurden von mir nicht gemacht. Die

darüber folgenden Angaben sind aus Larkum, S. 82—90, entnommen:

„Bau der Knospe: Ma. des alten Triebes lebendig, mit schwach verdickten Membranen versehen. Im Ma. der j. Achse die Größe der Zellen nach oben hin annehmend; primäre Rinde durch die anliegenden Blattpolster gebildet. Innere und äußere Schichten sind hier mit mehr oder weniger kollenchymatischen Membranen versehen und führen Chlorophyll. Das mittlere Gewebe farblos, die meisten Zellen tot. Gewebe der Schuppen zartwandig. Nadeln in großer Zahl vorhanden. Die j. Achse nach unten abgeschlossen durch eine 0,2 mm hohe kollenchymatische Zone.

Stärke.

3. u. 9. X. 11.

Knospenmark ca. 1 mm. Ma. des alten Triebes sehr viel St., schwarzblau. Kollenchymatische Zone noch nicht vorhanden. Im Ma. der j. Knospe sehr viel St., im meristematischen Gewebe des Vk. rasch abnehmend; Spuren bis ins Protoderm hinein. Prok. st.-frei, wenig in der j. Rinde. Die Blattanlagen zeigen nahe der Basis hypodermal an der Unterseite geringe Mengen; mehr (kräftig blau) in der Spitze der ältesten; in den jüngsten keine Speicherung. Sehr viel im mittleren Gewebe der inneren Schuppen, etwa bis zu halber Höhe und in der Knospenrinde an ihrer Basis. Die äußeren sind frei.

24., 25. I. 12.

Knospenmark ca. 1,2 mm. Im Ma. des alten Triebes in einigen Zellen St. (mittel bis viel). Die kollenchymatische Zone st.-frei. Ma. der j. Achse mittel bis viel. Die meristematische Kuppe im mittleren Teil feinkörnige Mengen bis ins Protoderm. Prok. st.-frei. Wenig in der Rinde daneben. Die ältesten Blattanlagen sehr wenig in der Spitze und in der Umgebung ihrer Bdl.; in einigen anderen Schnitten frei und nur etwas an ihrer Basis in der Rinde.

2. III. 1911.

Knospenmark ca. 1 mm. Im Ma. des alten Triebes in der Mehrzahl der Zellen mittelviel. In dem unmittelbar unter dem Koll. befindlichen Teil st.-frei. Desgleichen das Koll. selbst. Im Ma. der j. Achse mittel bis viel. Im meristematischen Gewebe des Vk. rasch abnehmend; Spuren bis ins Protoderm. Prok. st.-frei. Mittel viel etwa in der Rinde daneben. Viel St. im mittleren Gewebe der inneren Schuppen; bis oben hin und in den Spitzen der Blattanlage; nach unten bis in die Rinde wenig in der Umgebung ihres Bündels.

28. IV. 11.

Knospenmark 2,7—3 mm. Die Blätter ragen etwa 2—3 mm aus der Knospe hervor. Alkoholmaterial. Ma. des alten Triebes in der Mehrzahl der Zellen sehr viel (schwarz); im obersten Teile wenig. Koll. st.-frei. Im Ma. der j. Achse sehr viel; gegen den Vk. abnehmend. Die meristematische Kuppe st.-frei; Prok. des-

gleichen. Schwarzblaugefärbte St. in der Rinde daneben; viel in älteren Blattanlagen bis oben hinauf; in den jüngeren nur in mehreren Schichten am Bdl. viel; besonders an der Unterseite nahe der Basis. Etwas auch in der Spitze der allerjüngsten Blattbildungen. Schwarzblaugefärbte grobkörnige Mengen z. T. in den inneren Schuppen. Die äußeren sind frei bis auf die chlorophyllhaltigen Schichten, besonders nahe der Basis hin, die kräftig blau erscheinen.

Bau der Nadel: vgl. Kirchhoff, S. 89.

30. IX. 14.

Querschnitt: Unterseits flach, oberseits konvex. Über dem Zentralz. Ausbuchtung stärker. Ep. ziemlich stark verdickt. Hyp. fehlend. Oberseits ein zweischichtiges Pa.-Gewebe; unterseits ein sehr lockeres großzelliges Schwg. Spöffn. unterseits, in Längsreihen angeordnet, rechts und links vom Mittelnerv. Ha. vollkommen fehlend. End. nur seitlich prägnant. Ober- und unterseits nicht so deutlich. An den Gefäßteil des Bdl. schließt sich seitlich je ein Wulst von Tracheiden. In den Bdl. eine Anzahl Markstrahlen.

Anatomische Entwicklung.

22. I. 14.

J. Nadel differenziert im Ep., Mes. und Zentralz. End. in einigen Zellen angedeutet.

17. IV. 14.

J. Nadel noch meristematisch. Ep. unverdickt. Mes. noch einheitlich. End. prägnanter geworden. Zentralz. noch einheitlich.

27. IV. 14.

Ep. unverdickt. Mes. noch nicht gesondert in Schwg. und Pa. Ziemlich Chlorophyll. End. in den älteren Schnitten fast kontinuierlich geschlossen. Zentralz. noch einheitlich.

4. V. 14.

Trieblänge 0,5 cm, Nadel 0,3 cm. Ep. noch unverdickt. Pa.-zellen etwas kleiner wie Schwg.-zellen; noch ungestreckt. End. hat in bezug auf Gerbstoffgehalt ihr prägnantes Aussehen verloren. St.-Verteilung läßt deutlich die End. erkennen. Zentralz. zeigt Differenzierung der trachealen Elemente.

25. V. 14.

Trieblänge 3,6 cm, Nadel 1,2 cm. Ep. etwas verdickt. Pa.-zellen deutlich vom Schwg. unterschieden. End. an den Kanten sehr prägnant. Ober- und unterseits vorhanden, nicht so deutlich. Im St.-Präparat an den Flanken und oberseits besonders prägnant. Unterseits doppelschichtig. Zentralz. deutlich differenziert in Transfg. und Bdl. Bdl. in Holz- und Bastteil gesondert.

22. VI. 14.

Trieblänge 7 cm, Nadel 1,9 cm. J. Nadel morphologisch ausgewachsen. Ep. stark verdickt. Pa. fast fertig gestreckt. Schwg. sehr locker. End. ziemlich prägnant, durch St.-gehalt

genau festgelegt. Differenzierung des Zentralz. sehr deutlich geworden. Tracheiden mit ihrer Ausbildung zu Ende.

30. VII. 14.

Nadellänge 1,9 cm. End. hat durch die Gerbstoffverteilung ober- und unterseits etwas von ihrer Deutlichkeit verloren.

30. IX. 14.

End. an den Flanken sehr prägnant; unter- und oberseits nicht.

Stärke.

12. II. 14.

Ep., Mes. frei. Wenig um den Zentralz. Zentralz. selbst frei.

2. III. 14.

Ep. frei; Mes. nur um den Zentralz. etwas. End. unterseits durch St.-gehalt ausgezeichnet. Zentralz. frei. Innerste Nadeln fast frei.

17. IV. 14.

Knospenschuppen mit ziemlich St. in der Ep., Parenchym blauschwarz. Zentralz. etwas weniger.

Übergangsformen zwischen den Schuppen und Nadeln: Hier Ep. über dem Zentralz. mit Spuren von St. Mes. nur um den Zentralz. St. End. an den Flanken und unterseits durch St.-gehalt ausgezeichnet; oberseits weniger;

Nadeln fast frei.

4. V. 14.

Trieblänge 0,5 cm, Nadel 0,3 cm. Ep. und erste Pa.-Schicht etwas, zweite etwas mehr; Schwg. blau; in der an die untere Epidermis grenzenden Schicht bedeutend weniger. End. schwarzblau unterseits und an den Flanken, oberseits weniger. Transfg. etwas St.

12. V. 14.

Trieblänge 0,5 cm, Nadel 0,4 cm. Ep. ziemlich viel, erste Pa.-Schicht wenig, zweite viel. Schwg. blau; unterseits in der an die Ep. grenzenden Schicht etwas, End. sehr viel, einzelne kleinere Zellen ober- und unterseits frei. Transfg. viel St.

18. V. 14.

Trieblänge 2,5 cm, Nadel 0,9 cm. Geringe St.-Abnahme. Ep. und erste Pa.-Schicht sehr wenig; zweite etwas mehr. Schwg. dunkelviolet; in der an die untere Epidermis grenzenden Schicht etwas weniger. End. sehr viel, Transfg. ziemlich St.

25. V. 14.

Trieblänge 3,5 cm, Nadel 1,2 cm. Weitere geringe Abnahme. Ep. etwas. Erste Pa.-Schicht wenig, zweite mehr. Schwg. blau; in der an die untere Epidermis grenzenden Schicht weniger. End. sehr viel, Transfg. ziemlich St.

8. VI. 14.

Trieblänge 5 cm, Nadel 1,5 cm. St.-Zunahme. Ep. ziemlich St. Erste Pa.-Schicht desgleichen; zweite blau. Schwg. etwas weniger, End. sehr viel. Transfg. blau.

22. VI. 14. Trieblänge 7 cm, Nadel 1,9 cm. Erhebliche St.-Abnahme. Ep. etwas. Erste Pa.-Schicht stärkearm; zweite ziemlich St.; Schwg. etwas weniger. End. viel, besonders unterseits. Transfg. viel, blau.

Das Verhalten der Stärke in den jungen Nadeln von Juli bis Dezember hat Kirchhoff 1912 verfolgt. Die nachstehenden Angaben sind aus seiner Dissertation S. 84—88 entnommen. Zu beachten ist, daß diese Nadeln von einem beschatteten Zweige auf der Nordseite stammen.

11. VII. 1911.

„Nadellänge 2,5 cm. Hellgrün. Makr.: Graublau, besonders Umgebung des Bdl. Mikr.: Ep. frei oder sehr wenig; nur in den äußeren Flanken etwas mehr. Mes. meist mittel bis ziemlich viel. Erste Pa.-Schicht mit Ausnahme der äußersten Flanken erheblich weniger. Umgebung des Bdl. viel bis sehr viel, dunkelblau. Tracheiden z. T. frei, z. T. dunkelblau. Bdl. frei.

29. VII. 1912.

Nadellänge 2,5 cm. Makr.: Umgebung des Bdl. dunkelblau, sonst graublau. Mikr.: Ep. frei, Mes. meist nässig viel, einige Zellen mehr, besonders über dem Zentralz. Erste Pa.-Schicht meist frei, nur in der Nähe des Bdl. wenig, Umgebung des Bdl. meist viel bis sehr viel, einige Zellen oben erheblich weniger.

6. IX. 12.

Nadellänge 2,2 cm. Makr.: Zweite Pa.-Schicht und peripher unterseits blau; desgleichen Umgebung des Bdl. Mikr.: Erste Pa.-Schicht mit wenig St. und nur in den äußersten Pa. mehr. Zweite mittelviel oder mehr, Körner verquellend, desgleichen oder etwas weniger im angrenzenden Schwg. und peripher unterseits über den Spöffn. Mittleres Schwg. meist wenig, einige Zellen mehr. Umgebung des Bdl., besonders über dem Holzteil und unterhalb des Siebteils, mittel viel bis ziemlich viel, blau. Tracheiden einige Zellen blau.

10. X. 12.

Nadellänge 2,4 cm. Frei bis auf geringe Mengen; in einer Anzahl von Zellen über dem Holzkörper bzw. oben und seitlich von den Tracheiden. Desgleichen in einzelnen Strahlen des Holzteils.

26. X. 11.

Nadellänge 2,5 cm. Frei bis auf etwas St. oben und über dem Holzteil im Transfusionsgewebe.

8. XII. 11.

Nadellänge 2,6 cm. Frei bis auf geringe Mengen in einzelnen Zellen über dem Holzteil und den Tracheiden.“

Gerbstoff.

7. XI. 10.

Nach Larkum (S. 89) Knospenmark ca. 1 mm. Ma. des alten Triebes in fast allen Zellen angefüllt mit braungelbem bis dunkelbraunem Niederschlag. Desgleichen in der kollenchymatischen Zone in der Mehrzahl der Zellen. Ferner in der Mehr-

zahl der Zellreihen vom Ma. der jungen Achse und in der Rinde daneben viel. Die meristematische Kuppe ist frei. In den Blattanlagen tritt im mittleren Gewebe nach der Spitze hin und weiter abwärts in der Umgebung des Bdl., besonders aber in der Ep. eine braungelbe Färbung auf. Die Schuppen zeigen viel (dunkelbraun) in der Ep., der mittlere Teil ist frei, -- evtl. bis auf einige Zellen nach der Spitze zu oder am Bdl. nahe der Basis.

Eigene Untersuchungen.

22. I. 14.

Ep. oberseits oberhalb des Zentralz. eine Anzahl zusammenhängender brauner Zellen, unterseits weniger. In älteren Schnitten fast die ganze oberseitige Ep. braun; unterseits in der Ep. seitlich vom Zentralz. einige zerstreut liegende Zellen. Einige Zellen der späteren End. tiefbraun, besonders ober- und unterseits. Die anderen Gewebe gerbstofffrei.

17. IV. 14.

Ep. oberseits und an den Kanten und unterseits unter dem Zentralz. tiefbraun; gerbstofffrei unterseits seitlich vom Zentralz. Unterseits in der End. Zunahme der gerbstoffhaltigen Zellen. Flügel-förmige, teilweise unterbrochene Fortsetzung im Mes. von der Mitte der End. nach den Flanken. Die übrigen Gewebe frei.

27. IV. 14.

Ep. braun; unterseits seitlich vom Zentralz. in ihr einige Zellen gerbstofffrei. Verbreiterung des gerbstoffhaltigen Stranges im Mes. Bedeutende Zunahme der gerbstoffhaltigen Zellen in der End., besonders oberseits.

4. V. 14.

Ep. braun; tröpfchenartige Ausfällung. Unterseits seitlich vom Zentralz. einzelne zerstreut liegende Zellen gerbstofffrei. Verlängerung und Verbreiterung des gerbstoffhaltigen Stranges im Mes. End. besondere Zunahme der gerbstoffhaltigen Zellen unterseits.

25. V. 14.

Ep. braun; Pa. einzelne gelbe Tröpfchen; flügelförmige Anordnung der gerbstoffhaltigen Zellen im Schwg. End. braun; einzelne Zellen ober- und unterseits gerbstofffrei. Zentralz. gerbstofffrei.

22. VI. 14.

Ep. braun; Schwg. in der Hälfte der Zellen gelbbraun. Gerbstoffhaltige Zellen besonders an den Flanken. End. braun; Zentralz. gerbstofffrei.

30. VII. 14.

Erhebliche Gerbstoffzunahme. Ep. dunkelbraun; einzelne Zellen des Pa. große, braune Tropfen. Die Hälfte der Zellen des Schwg. braun. Ansammlung an den Flanken. End. große braune Tropfen in jeder Zelle; Zentralz. gerbstofffrei.

30. IX. 14.

Geringe Zunahme. Ep. dunkelbraune körnige Ausfällung. Im Pa. einzelne braune Zellen; in der Hälfte des Schwg. große

braune Tropfen. Gerbstoffansammlung an den Flanken. End. große dunkelbraune Tropfen, besonders ober- und unterseits. Zentralz. gerbstofffrei.

2. XII. 14.

Gerbstoffzunahme der Zellen im Schwg.

Von Kirchhoff wurden Untersuchungen im Sommer und Winter angestellt. Die nachstehenden Angaben sind seiner Dissertation S. 88 entnommen.

11. VII. 11.

„Ep. dunkelbraun. Schwg. dunkelbraun, körnig in erheblicher Anzahl isolierter Zellen. Mes. sonst frei. Umgebung des Bdl. (1—2 Schichten) dunkelbraun.

17. I. 12.

Mehr als am 11. VII. 11. Ep. dunkelbraun bis schwarzbraun. Zellen des Schwg. und Umgebung des Bdl. dunkelbraun bis schwarzbraun.“

Zusammenfassung.

Anatomische Entwicklung.

Die junge Nadel wird ziemlich früh angelegt. Im September sind schon eine große Zahl, aber noch nicht alle, vorhanden. Im Januar ist die junge Nadel schon differenziert in Epidermis, Mesophyll und Zentralzylinder. Die Endodermis ist in einigen Zellen angedeutet. Die Differenzierung der jungen Nadel nimmt bis April sehr langsam zu. Ende April ist die Endodermis fast kontinuierlich geschlossen. Zu dieser Zeit erfolgt der Austrieb der Knospe. Die junge Nadel ist noch chlorophyllarm. Anfang Mai hat sie schon eine Länge von 0,3 cm erreicht. Zu dieser Zeit sondert sich das Schwammgewebe von den Palisaden. Die Zellen der letzteren sind bedeutend kleiner. Von da ab nimmt die Nadellänge sehr schnell zu, bis sie Ende Juni morphologisch ausgewachsen ist. Ende Mai ist die Epidermis schon gering verdickt. Von dieser Zeit ab ist die Endodermis besonders prägnant an den Kanten, weniger ober- und unterseits. Gleichzeitig sind im Zentralzylinder sämtliche Gewebe kenntlich. Ende Juni zeigt die Endodermis in der Stärkeverteilung nochmals eine deutliche Anordnung. Zu dieser Zeit ist die Endodermis stark verdickt, und die Tracheiden sind mit ihrer Ausbildung zu Ende. Von da ab ändert sich nur noch die Endodermis, und zwar derart, daß ihr Charakter als Endodermis fast verloren geht. Bis zum Ende der Streckungsperiode ist das Gewebe, das den Zentralzylinder umgibt, wegen seiner Stärke- und Gerbstoffverteilung bestimmt als Endodermis anzusprechen.

Stärke.

Im September sind die allerjüngsten, in der Knospe eben angelegten Nadeln stärkefrei, während die etwas älteren Stärke hypodermal aufweisen. Durch ihren Stärkereichtum ist die Spitze der ältesten Nadeln ausgezeichnet. Im Winter erfolgt eine Abnahme. Ende Januar besitzen nur die ältesten Blattanlagen sehr

wenig Stärke an der Spitze und in der Umgebung ihrer Bündel. Die Zunahme bis März ist sehr gering. Im Anfang März ist die Endodermis unterseits durch Stärkegehalt ausgezeichnet, während das Mesophyll nur um den Zentralzylinder etwas besitzt. Die innersten Nadeln sind noch fast stärkefrei. Auch im April sind die jüngsten Nadeln noch fast frei, während die Übergangsformen zwischen Schuppen und Nadeln Stärke um den Zentralzylinder besitzen. Bei letzteren ist auch die Endodermis unterseits und an den Flanken durch Stärkegehalt ausgezeichnet. In der zweiten Hälfte des Monats und im Mai erfolgt eine sehr schnelle Zunahme. Im Anfang Mai ist die Endodermis unterseits und an den Flanken schon schwarzblau, das Schwammgewebe mit Ausnahme der an die untere Epidermis grenzenden Schicht blau. Wenig enthält die Epidermis und die erste Palisadenschicht. In der ersten Hälfte des Monats wird das Austriebmaximum erreicht. Zu dieser Zeit besitzt nur die erste Palisadenschicht wenig Stärke, während die anderen Gewebe stärkereich sind. Von Mitte des Monats ab setzt die Streckungsperiode ein. Deshalb nimmt von dieser Zeit an der Stärkegehalt der jungen Nadeln ab. Die Abnahme macht sich vor allem bemerkbar im Schwammgewebe und der ersten Palisadenschicht. Ende Mai oder Anfang Juni ist das Streckungsminimum erreicht. Von da ab folgt eine ziemlich schnelle Zunahme. Das Hauptmaximum wird Mitte Juli erreicht. Zur Zeit der Zunahme besitzt im Mesophyll die zweite Palisadenschicht am meisten Stärke; Mitte Juli ist die Flanke der Nadel und besonders die Umgebung des Bündels durch ihren Stärkegehalt ausgezeichnet. In der zweiten Hälfte des Juli und im August setzt eine sehr langsame Abnahme ein, die sich vor allem im Mesophyll bemerkbar macht. Anfang Oktober ist die Nadel fast st.-frei. Geringe Spuren zeigen sich in einer Anzahl von Zellen über dem Holzkörper und seitlich von den Tracheiden, desgleichen in einzelnen Strahlen des Holzteils. Ende Oktober ist nur noch Stärke über dem Holzteil im Transfusionsgewebe. Die Menge nimmt noch bis Dezember ab. Ein vollkommener Stärkeschwund wird also bei diesem Objekt im Winter nicht erzielt.

Die Angaben über den Stärkeverlauf der jungen, noch in der Knospe befindlichen Nadel sind von September bis Januar der angeführten Arbeit Larkums entnommen, desgleichen die Angaben über die Nadeln vom Juli bis Dezember den Untersuchungen Kirchhoffs.

Gerbstoff.

Im November besitzt die junge, noch in der Knospe befindliche Nadel nach der Konservierung eine braungelbe Färbung in der Epidermis und in den oberen und unteren Teilen der Nadel um den Zentralzylinder. Die Gerbstoffzunahme hält auch im Winter an. Im Januar sind schon in jüngeren Schnitten eine Anzahl zusammenhängender brauner Zellen oberseits, unterseits eine geringere Zahl in der Epidermis zu erkennen. In den älteren Schnitten ist fast die ganze oberseitige Epidermis braun. Einige tiefbraune Zellen sind auch in der späteren Endodermis, besonders

ober- und unterseits, zu bemerken. Die Gerbstoffzunahme hält an bis Anfang Mai. In der Epidermis zeigt sie sich zuerst oberseits, dann erst unterseits. Anfang April finden sich auch flügelförmig angeordnete braune Zellen im Schwammgewebe, deren Zahl zur Zeit des Austriebs bedeutend zugenommen hat. Nach dem Austrieb, d. h. zur Zeit der Streckungsperiode, erfolgt eine sehr geringe Abnahme. In der zweiten Hälfte des Juni nimmt der Gerbstoffgehalt sehr langsam zu. Eine erhebliche Zunahme findet erst im Laufe des Juli statt. Von da ab bis Dezember zeigt sich eine allmähliche und stetige Speicherung. Im Dezember sind dunkelbraun: Die Epidermis, die Hälfte der Schwammzellen und die Endodermis (letztere besonders ober- und unterseits).

Die Angaben über die junge, noch in der Knospe befindliche Nadel im November sind Larkums Untersuchungen entnommen. Der Gerbstoffgehalt nimmt nach Kirchhoff von Jahr zu Jahr zu.

Tsuga diversifolia.

Das Material wurde einem jungen, freistehenden, kräftig entwickelten Exemplar von 2 m Höhe und zwar auf der Südseite entnommen.

Bau der Knospe.

22. I. 14.

Knospenlänge 0,3 cm, Achsenlänge 0,14 cm, Nadellänge 0,045 cm. Knospe sehr klein, rundlich. Schuppen dunkelbraun, oben abgerundet. Äußere derber wie die inneren. Achse zylindrisch, oben angerundet. Vk. abgeflacht. halbkreisförmig. Ma. der j. Achse 12—15-schichtig, nach unten zu sich gering verbreiternd. Koll.-Zone nur schwach ausgeprägt, Zellen flach. Kollenchymatische Verdickung sehr gering. Das Ma. des vorjährigen Triebes erweitert sich sehr wenig im oberen Teil; nach unten zu etwas abnehmend. Die j. Achse wird becherförmig von der alten Rinde umgeben. Prok. und j. Rindenzone gut ausgebildet. Stark verdickte Idioblasten mit kurzen plumpen Fortsätzen im Ma. und der Rinde des alten Triebes und in der Markerweiterung mit Ausnahme der oberen Partien. Die j. Nadel oberseits flach, unterseits gewölbt.

Bau der Nadel: vgl. Kirchhoff, S. 89.

7. X. 14.

Querschnitt: Flach. Rand schmal zulaufend. Oben konvex mit Einbuchtung über dem Nerven. An eine stark verdickte Ep. schließt sich das Hyp.; letzteres nur stellenweise vorhanden, besonders an den Flanken; unter- und oberseits des Zentralz. eine Reihe zusammenhängender Zellen; sonst unterseits nur einige zerstreut liegende Zellen, oberseits einige Zellen mehr. Pa. oberseits zweischichtig, unterseits das großlumige und etwas dickwandige Schwg. Die seitlich großzellige, oben kleinzellige End. umgibt zu dreiviertel den Zentralz. Das fehlende Viertel ersetzt durch einen Teil der doppelschichtigen, unverdickten HaSch. Ha. großlumig, unterhalb des Zentralz. HaSchd. seitlich großlumig, oberseits

kleinlumig. Ha. innen ausgekleidet von einem zartwandigen Epithel. Bdl. durch einen Parenchymstrang getrennt. Seitlich an den Siebteil anschließend ein Wulst von Tracheiden. Die Bdl. und Tracheiden umgeben von einem Perik. Spöffn. unterseits, in Reihen angeordnet.

Anatomische Entwicklung.

22. I. 14.

Knospenlänge 0,3 cm, Achsenlänge 0,14 cm, Nadel 0,045 cm. J. Nadel gesondert in Ep., Mes. und Zentralz. Ha. angelegt. Lumen erst in den unteren Nadeln vorhanden.

17. IV. 14.

Knospenlänge 0,4 cm, Achsenlänge 0,15 cm, Nadel 0,06 cm. J. Nadel stark verbreitert, gesondert in Ep., Mes. und Zentralz. Mes. noch einheitlich. HaSchd. und Epithel erkennbar. End. angedeutet.

11. V. 14.

Knospe treibt gerade aus. Nadel 0,4 cm. Ep. unverdickt. Hyp. an den Kanten und in geringer Weise auch ober- und unterseits angedeutet, noch zart. Mes. noch nicht gesondert in Schwg. und Pa. End. noch zart. Perik. angelegt. Parenchymstrang zwischen den Bdl. von der Oberseite her in der Anlage begriffen. Im Siebteil eine Reihe fertiger Elemente.

25. V. 14.

Trieblänge 0,6 cm, Nadel 0,5 cm. Ep. nicht verdickt. Auch Hyp. noch zart. Unterschied zwischen Schwg. und Pa. angedeutet. Schwg.-Zellen beginnen mit der Querstreckung. End. ausgebildet, noch zart. Perik. vorhanden. Spöffn. in Entwicklung.

2. VI. 14.

Trieblänge 0,8 cm, Nadel 0,7 cm. Ep. kaum verdickt. Hyp. unverdickt. Pa.-zellen noch klein, rundlich. Schwg.-zellen quer gestreckt. End. noch zartwandig. Perik. und die Tracheidalelemente fertig. Leitbündel in Entwicklung begriffen. Der Parenchymstrang trennt die Bdl. vollkommen.

22. VI. 14.

Trieblänge 4 cm, Nadel 1,2 cm. J. Nadel morphologisch ausgewachsen. Ep. erheblich verdickt, desgleichen das Hyp. an den Kanten, etwas geringer ober- und unterseits. Pa.-zellen in der Längsstreckung begriffen. Querstreckung der Schwg.-zellen erledigt. Im Zentralz. Verbreiterung des Parenchymstranges. Differenzierung der Bdl. prägnanter.

30. VII. 14.

Geringe Zunahme der Verdickung bei den Ep.-zellen. Hyp. überall stark verdickt. Längsstreckung der Pa.-zellen erledigt. Schwg. unverändert. Zentralz. mit seiner Differenzierung zu Ende.

7. X. 14.

J. Nadel morphologisch und auch anatomisch fertig.

Stärke.

30. IX. 14.

Achsenlänge 0,12 cm, Nadel 0,03 cm. Makr.: Blauschwarz. Mikr.: Alte Achse blauschwarz. MaErw. blau. St.-Gehalt nach oben hin abnehmend. Koll. fast frei. Ma. der j. Achse blau, an der Spitze wenig. Vk. stärkearm. Prok. frei. Rinde ziemlich St., besonders seitlich, unten an der Nadel.

J. Nadel. Nur an der Spitze und um den Zentralz. ziemlich St. Ep. und Schichten darunter wenig.

11. II. 14.

Achsenlänge 0,14 cm, Nadel 0,045 cm. Ziemlich St. in der MaErw. St.-Gehalt nach oben hin abnehmend. Koll. frei. Ma. der j. Achse wenig. Vk. st.-arm, Prok. frei. Rinde st.-arm, unten seitlich von der Nadel wenig St.

J. Nadel. Querschnitt: Mesophyll wenig. Etwas mehr in der End. und dem Perik. Auch im Zentralz. minimale Mengen von St.

17. IV. 14.

Achsenlänge 0,15 cm, Nadel 0,06 cm. MaErw. blau. Koll. wenig. Ma. der j. Achse blau. Vk. wenig. Prok. frei. Rinde violett, besonders seitlich unten an der Nadel.

J. Nadel. Querschnitt: Ep. st.-arm. Pa. wenig; Schwg. blau. End. blau. Innerer Zentralz. frei.

19. V. 14.

Nadel 0,4 cm. Makr.: Farblos. Zweierlei Schnitte.

1) Jüngere: Nur End. blau. Etwas St. um den Zentralz. Die übrigen Gewebe frei.

2) Ältere: Ep. viel St. Pa.-Zellen ziemlich, Schwg. blau. HaSchd. etwas, besonders seitlich. Epithel frei; End. seitlich wenig, oberseits blau-schwarz. Perik. wenig, die inneren Gewebe frei.

8. VI. 14.

Trieblänge 1,2 cm, Nadel 0,9 cm. Makr.: Blauschwarz. Mikr.: Ep. mäßig St.; Pa. wenig. Schwg. blauschwarz. HaSch. ziemlich St. Epithel frei. End. in einigen Zellen in der Nähe des Ha. blau, die größte Zahl der Zellen frei. Perik. in einigen Zellen etwas; größte Zahl der Zellen frei. Innere Gewebe frei.

22. VI. 14.

Trieblänge 4 cm, Nadel 1,2 cm. Weniger als am 8. VI. 14. Ep. wenig St., Hyp. frei, Pa. viel; Schwg. etwas weniger. Schließzellen ziemlich St., rot violett. Äußere HaSchd. und Epithel ziemlich St., innere st.-arm. End. seitlich st.-arm; oberseits ziemlich St., desgleichen in der Nähe des Ha. Perik. ziemlich St., innere Gewebe frei.

13. VII. 14.

Trieblänge 4,1 cm, Nadel 1,2 cm. Erhebliche Zunahme. Makr.: Fast schwarz. Mikr.: Ep. und Hyp. st.-arm. Pa. blauschwarz; Ansammlung an den Flanken der Nadel; Schwg. etwas weniger. Schließzellen mäßig St. Äußere HaSchd. blauschwarz,

innere frei. Epithel ziemlich St.; End. unterseits blauschwarz, seitlich wenig, in einigen Zellen. Die größte Zahl der Zellen frei. Perik. blauschwarz.

Orientierend behandelte Kirchhoff die Knospe und die junge Nadel. Er untersuchte sie am 20. XI. 11 und von März bis Mitte Juli. Eingehendere Untersuchungen über den Stärkegehalt der jungen Nadeln führte er vom August bis Dezember durch. Zu beachten ist, daß er sein Material von einem anderen Exemplar und von einem auf der Nordseite gelegenen Zweige entnahm, der von Osten beschattet wurde. Die nachstehenden Angaben finden sich in seiner Dissertation S. 93—99.

Eingehende Untersuchungen: 6. VIII. 12.

„Nadellänge 1,2 cm. Makr.: Graublau. Mikr.: Mes. meist mittel bis ziemlich viel, verquellend. Erste Chlorophyllschicht weniger, besonders in den Flanken. HaSchd. schwach blau; Epithel wohl frei. End. meist etwas. Oben in einzelnen Zellen ziemlich viel. Perik. viel.

5. IX. 12.

Nadellänge 2,1 cm. Makr.: Mittlere Schichten des Mes. graublau. Mikr.: Inneres Mes. meist mittelviel, ziemlich grobkörnig. Pa. meist ziemlich wenig, hypodermal oder unten häufig wenig oder frei. Epithel meist ziemlich viel; einige untere Zellen weniger. End. seitlich wenig bis ziemlich wenig, oben und seitlich unten etwas mehr. Perik. und Markstrahlen ziemlich viel bis viel.

13. X. 11.

Nadellänge 0,7 cm. Makr.: Mittleres und unteres Schwg. graublau. Mikr.: Mes. seitlich vom Zentralz. bis zu den Flanken meist mittelviel, einige Zellen weniger (verquellend). Über dem Zentralz. etwas in einigen Zellen. Sonst frei. Epithel geringe Mengen. End. nur oben mäßig bis mittelviel. Perik. meist frei. Mäßig viel in einigen Zellen. Bdl.: Markstrahlen desgleichen in einigen Zellen.

31. X. 11.

Nadellänge 0,7 cm. Mikr.: Mittleres Schwg. bis zu den Flanken häufig wenig, bis ziemlich wenig, verquollen, sonst frei. Epithel vereinzelt etwas; End. oben wenig, verquollen. Perik. z. T. mäßig bis mittelviel, verquollen, z. T. frei. Markstrahlen desgleichen.

14. XII. 11.

Nadellänge 0,7 cm. St. frei.

Orientierende Untersuchungen: 20. XI. 11.

Makr.: Schwarzblau, z. T. graublau. Mikr.: J. Achse sehr viel, ziemlich feinkörnig, schwarzblau. Koll. mäßig viel; ziemlich feinkörnig. Ma.-Kuppe unterhalb dieser sehr viel, schwarzblau. Die den j. Trieb direkt umgebenden Schuppen viel, an der Spitze weniger. Äußere Schuppen nur an der Basis viel, sonst tot. Blatt-

anlagen peripher frei oder arm. Um den Zentralz. mäßig bis mittelviel, ziemlich feinkörnig, Protoderm frei.

4. III. 12.

Knospe etwas vergrößert. Insgesamt weniger als am 20. XI. 11. Makr.: Ma. des j. Triebes dunkelblau; der Ma.-Kuppe blau. Mikr.: Ma.-Kuppe des j. Triebes ziemlich viel, ziemlich feinkörnig, blau. Koll. mäßig viel, einige Zellen weniger. Ma.-Kuppe ziemlich viel, blau. Knospenschuppen nur an der Basis mittelviel, sonst frei. Blattanlagen: Protoderm und 2—3 äußere Schichten frei oder arm, nach innen mittelviel.

14. V. 12.

Mehr als am 4. III. Knospe im Begriff auszutreiben, stark vergrößert. Makr.: Dunkelblau. Mikr.: Ma. des j. Triebes viel, dunkelblau. Koll. mäßig viel; Ma.-Kuppe viel, dunkelblau. J. Blätter etwa 2—3 äußere Schichten st.-frei oder arm, nach innen viel St., dunkelblau; desgleichen an der Spitze viel St.

30. V. 12.

Knospenlänge 0,3 cm, Nadel ca. 0,2 cm. Knospe mit zarter Hülle umgeben. Makr.: Schwarzblau, teilweise graublau. J. Nadel: Hellgrün, sehr zart, an der Basis gelblicher. Mikr.: Ep. sehr zart, frei; Hyp. Spuren. Schwg. ziemlich viel bis viel. Pal. (noch in Teilung) peripher unten frei oder arm. HaSchd. und Epithel frei. End. seitlich frei, oben wie Schwg. Perik. sehr wenig.

17. VI. 12.

Nadel 0,9 cm, sehr zart, hellgrün. Makr.: Graublau. Mikr.: Ep. und Hyp. (wenig verdickt) teils frei, teils Spuren. Mes. weniger als am 30. V., meist mittelviel. Pal. Spuren, peripher unten wenig. HaSchd. sehr zart, teils etwas, blau, feinkörnig, teils frei. Epithel sehr zart, frei. End. seitlich frei, oben mäßig viel. Perik. unten und seitlich mittelviel, oben weniger oder frei.

5. VII. 12.

Nadel 1 cm, hellgrün. Makr.: Blau. Mikr.: Meist ziemlich viel, ziemlich grobkörnig, blau, äußerste Flanke weniger, desgleichen hypodermal unten. HaSchd. und Epithel z. T. frei, z. T. geringe Mengen. End. seitlich frei, oben einige Zellen mit wenig St. Perik. seitlich und seitlich oben mäßig bis mittelviel, unten ziemlich viel, seitlich unten frei. Tracheiden bisweilen mäßig viel.

22. VI. 12.

Makr.: Schwarzblau. Mikr.: Ep. und Hyp. fertig verdickt. Mes. sehr viel, ziemlich grobkörnig. HaSchd. meist frei, einige Zellen etwas. End. seitlich wenig bis ziemlich wenig, oben wie Mes. Perik. meist sehr viel, Einzelzellen frei. Etwas in Markstrahlen.

Gerbstoff.

30. IX. 14.

Ma. der alten Achse gelbbraun, diffuse Ausfällung. Idioblasten frei. Ma. Erw. rotbraun, Koll. desgleichen. Ma. der j. Achse dunkelbraun, Vk. und Prok. gerbstofffrei. Rinde viel Gerbstoff, seitlich unten von der Nadel rotbraun. Knospenschuppen an der

Spitze und in der Ep. der Basis rotbraun. Äußere Knospenschuppen mehr. Alte Rinde dunkelbraun, einzelne Zellreihen und Zellen frei.

J. Nadeln: Besonders viel Gerbstoff an der Spitze und Basis; Mitte nur im Mes. Querschnitt: Ep. gelbgrün, Mes. gelb- bis dunkelbraun, besonders seitlich vom Zentralz. Äußerer Teil des Zentralzylinders gelblich. In einigen Schnitten einzelne braune Zellen in der Gegend der späteren äußeren HaSchd.

22. I. 14.

Wenig Veränderung. Ep. gelbgrün. Mes. dunkelbraun, an den Flanken weniger. Zentralz. nur in den Randpartien schwachbräunlich und einzelne braune Zellen im Perik. HaSchd. gelblich.

17. IV. 14.

Ep. gelbgrau; Mes. dunkelbraun, besonders seitlich vom Zentralz. In einigen Schnitten im Perik. einzelne braune Zellen. Zentralz. im übrigen gerbstofffrei.

11. V. 14.

Ep. gelblich, Mes. dunkelbraun. Die größte Zahl der äußeren HaSchd.-zellen braun; innere und Epithel gelblich. End. gelbgrau. Perik. oberseits einige braune Zellen, unterseits ähnlich, noch etwas mehr Zellen, Gerbstoffgehalt etwas geringer. Der von der Oberseite aus sich bildende Parenchymstrang braun; die inneren Gewebe graugelb.

25. V. 14.

Erhebliche Gerbstoffabnahme. Ep. gelbbraun, in der Gegend der Spaltöffnungen etwas dunkler. Hyp. in einzelnen Zellen gelbbraun, eine große Zahl von Zellen gerbstofffrei. Mes. gelblich. Schließzellen grüngelb. Äußere HaSchd. in einzelnen Zellen gelbbraun; die größte Zahl der Zellen gerbstofffrei. Innere HaSchd. frei. Epithel gelbbraun. End. gelblich in einigen Zellen, in der Nähe des Ha. Seitlich gerbstofffrei. Oberseits wenige braune Zellen. Perik. gelbbraun. Transfg. gelblich.

2. VI. 14.

Noch weniger als am 25. V. 14. Ep. braun, etwas dunkler in der Gegend der Spöffn. unterseits. Hyp. in einzelnen Kantenzenellen gelbbraun, ober- und unterseits gerbstofffrei. Mes. gelbliche Tröpfchen. Äußere HaSchd. gerbstoffarm; innere frei. Epithel gelblich. End. oberseits einige Zellen gelb, seitlich gerbstofffrei. Perik. und Parenchymstrang gelbbraun. Transfg. gelblich. Bdl. gerbstofffrei.

22. VI. 14.

Erhebliche Zunahme. Ep. gelbbraun, unterseits in der Gegend der Spöffn. dunkelbraun, Hyp. gelblich, Pal. gelb, desgleichen das Schwg.; äußere HaSchd. gelblich, innere gerbstofffrei. Epithel gelblich. End. oberseits einige rotbraune Zellen, seitlich gerbstofffrei. Perik. gelbbraun. Parenchymstrang etwas heller. Transfg. schwach gelblich. Bdl. gerbstofffrei.

30. VII. 14.

Starke Gerbstoffzunahme. Ep. gelbbraun, unterseits in der Gegend der Spöffn. dunkelbraun. Hyp. gelbbraun. Pal. gelbbraun, desgleichen das Schwg. Äußere HaSchd. dunkelbraun. Innere

gerbstofffrei. Epithel gelb bis rotbraun. End. oberseits dunkelbraun, seitlich gerbstofffrei. Perik. dunkelbraun seitlich, oberseits gelbbraun. Parenchymstrang gelbbraun. Transfg. gelblich.

7. X. 14.

Weitere Zunahme. Ep. gelbbraun, unterseits in der Gegend der Spöffn. gelbbraun, desgleichen das Pal. Schwg. dunkelbraun und kräftig, an den Flanken gelbbraun, diffuse Ausfällung. Äußere HaSchd. gelbbraun, innere gerbstofffrei, einzelne wenige Zellen dunkelbraun. Epithel gelblich; End. oberseits braun, seitlich gerbstofffrei. Perik. gelbbraun; Transfg. frei. Parenchymstrang unterseits braun, oberseits frei.

2. XII. 14.

Weitere, geringe Zunahme. Ep. gelbbraun, unterseits in der Gegend der Spöffn. schwarzbraun. Hyp. gelbbraun. Pal. sehr geringe Zunahme gegenüber dem 7. X. 14. Schwg. seitlich vom Zentralz. dunkelbraun, an den Flanken heller. Äußere HaSchd. rotbraun, teilweise dunkelbraun; innere gerbstofffrei. Epithel dunkelbraun; End. oberseits dunkelbraun, seitlich gerbstofffrei. Perik. dunkelbraun. Transfg. gerbstofffrei; Parenchymstrang dunkelbraun, oberseits gelblich.

Von Kirchhoff wurden Untersuchungen im August und Januar durchgeführt. Die nachstehenden Angaben sind aus seiner Dissertation, S. 99 und 100 entnommen.

4. VIII. 11.

„Ep., Hyp., HaSchd. und Epithel dunkelbraun, Schwg. braun; Pal. etwas heller; End. seitlich hell, oben dunkelbraun bis schwärzlich braun (desgleichen unterhalb des Siebteils).

Tracheiden einzelne Zellen, Bdl. mittlerer Markstrahl dunkelbraun.

18. I. 12.

Mehr als am 4. VIII. Ep. und Hyp. braun bis dunkelbraun. Mes. drei äußere Schichten oberseits rotbraun oder gelbbraun, dazwischen einige Zellen dunkelbraun, desgleichen äußerste Flanken. Schwg. schwärzlichbraun. HaSchd. und Epithel dunkelbraun. End. braungelb. Perik. dunkelbraun bis schwärzlichbraun. Markstrahlen dunkelbraun.“

Zusammenfassung.

Anatomische Entwicklung.

Die jungen Nadeln werden bei diesem Objekt erst spät angelegt. Im September sind schon eine ganze Reihe vorhanden, aber lange noch nicht alle. Im Januar besitzen die unteren Nadeln schon eine Länge von nahezu 0,5 mm. Sie zeigen eine Differenzierung in Epidermis, Mesophyll und Zentralzylinder. Die Harzkanäle sind angelegt. In den unteren Nadeln ist aber das Harzkanallumen schon vorhanden. Die Nadellänge nimmt bis April sehr langsam zu. Mitte des Monats ist die Endodermis angedeutet. In der zweiten Hälfte des Monats und in der ersten Hälfte des Mai erfolgt ein sehr schnelles Wachstum. Mitte Mai

haben die jungen Nadeln schon eine Länge von 4 mm erreicht. Die Knospe treibt gerade aus. Die jungen Nadeln sind noch chlorophyllarm. An neuen Geweben werden zum erstenmal deutlich das teilweise vorhandene Hypoderm, das Perikambium, und der von der Oberseite her in der Ausbildung begriffene Parenchymstrang. Ende des Monats ist ein Unterschied zwischen Schwamm- und Palisadengewebe angedeutet. Ersteres beginnt mit seiner Querstreckung. Die Spaltöffnungen sind in der Ausbildung begriffen. Im Juni erfolgt ein sehr schneller Längenzuwachs. Ende Juni hat die Nadel eine Länge von 1,2 cm erreicht und ist damit morphologisch ausgewachsen. Zu dieser Zeit sind die Epidermis und das Hypoderm erheblich verdickt, letzteres besonders an den Kanten, weniger ober- und unterseits. Die Palisadenzellen sind in der Längsstreckung begriffen, während die Querstreckung der Schwammzellen erledigt ist. Im Juli erfolgt dann noch eine weitere Verdickung der Epidermis und des Hypoderms. Gleichzeitig haben die Palisadenzellen ihre Längsstreckung erledigt. Im September ist die junge Nadel auch anatomisch fertig.

Stärke.

Im September sind die jungen, noch in der Knospe befindlichen Nadeln durch ihren Stärkereichtum an der Spitze ausgezeichnet; in den mittleren Partien befindet sich nur ziemlich Stärke um den Zentralzylinder. Also ist auch bei diesem Objekt das Mesophyll um den Zentralzylinder der Ort, wo sehr früh die Stärke auftritt. Zu dieser Zeit besitzen die Epidermis und die Schichten darunter wenig. Im Winter folgt dann ein mehr oder minder vollkommener Stärkeschwund. Anfang Februar befindet sich auch im Mesophyll nur wenig, während in der Endodermis und im Perikambium etwas mehr vorhanden ist. Von da ab bis Anfang Juni nimmt der Stärkegehalt zu; Mitte April zeichnet sich das Schwammgewebe und die Endodermis durch Stärkegehalt (blau) aus. Wenig enthält das Palisadengewebe, und stärkearm ist die Epidermis. Anfang Juni ist das Austriebmaximum erreicht. Zu dieser Zeit ist das Schwammgewebe blauschwarz, die Endodermis in einigen Zellen blau. Wenig Stärke besitzt das Palisadengewebe, mäßig viel die Epidermis und einige Zellen des Perikambiums. Von da ab, d. h. z. Zt. der Streckungsperiode, nimmt der Stärkegehalt ab. Ende des Monats erfolgt das Streckungsminimum. Zu dieser Zeit ist das Palisadengewebe durch Stärkegehalt ausgezeichnet (blau). Ziemlich Stärke besitzen das Perikambium, die Schließzellen, die äußere Harzkanalscheide, das Epithel und die oberseitige Endodermis. Im Juli erfolgt dann eine erhebliche Zunahme; Mitte Juli ist das Hauptmaximum erreicht. Zu dieser Zeit ist das Palisadengewebe blauschwarz. Eine Ansammlung an den Flanken macht sich bemerkbar. Gleichfalls blauschwarz sind die äußere Harzkanalscheide, die Endodermis seitlich und das Perikambium. Vom August ab folgt dann eine Abnahme. Das Schwammgewebe enthält mittel bis ziemlich viel Stärke; das Palisadengewebe weniger. Erst Mitte Dezember ist die Nadel vollkommen st.-frei.

Vom August ab sind die Angaben aus den angeführten Untersuchungen Kirchhoffs entnommen.

Gerbstoff.

Im September ist die junge Nadel, besonders an Spitze und Basis, durch ihren Gerbstoffgehalt ausgezeichnet. In den mittleren Partien befindet sich viel Gerbstoff im Mesophyll und besonders seitlich vom Zentralzylinder. Im Winter erfolgt nur eine geringe Zunahme des Gerbstoffs. Ende Januar ist das Mesophyll dunkelbraun mit Ausnahme der helleren Flanken. Gelbgrau ist die Epidermis. Im Perikambium finden sich einzelne braune Zellen. Die Gerbstoffzunahme im Februar, März und April ist sehr gering; Anfang Mai wird das Austriebmaximum erreicht. Zu dieser Zeit ist das Mesophyll dunkelbraun. Die größte Zahl der Zellen der äußeren Harzkanalscheide, einige des Perikambiums und der die Leitbündel trennende Parenchymstrang sind braun. Von Mitte Mai ab, d. h. z. Zt. der Streckungsperiode, erfolgt dann eine Abnahme bis Anfang Juni. Z. Zt. des Streckungsminimums enthält das Mesophyll nur einige gelbe Tröpfchen. Die gleiche Abnahme zeigt sich in anderen Geweben. In den darauf folgenden Monaten bis Oktober folgt dann eine beträchtliche Zunahme. Vom Oktober bis Dezember verläuft sie bedeutend langsamer. Mitte Dezember sind dunkelbraun das Schwammgewebe seitlich vom Zentralzylinder, die äußere Harzkanalscheide teilweise, das Epithel, die Endodermis oberseits, das Perikambium und der Parenchymstrang unterseits. Schwarzbraun ist nur die Epidermis unterseits in der Gegend der Spaltöffnungen.

Die Nadeln erfahren von Jahrgang zu Jahrgang eine Zunahme, wie Kirchhoff festgestellt hat.

Picea omorica.

Das Material wurde der Südseite eines stattlichen, im botanischen Garten freistehenden Exemplars von etwa 12 m Höhe entnommen.

Bau der Knospe:

22. I. 14.

Knospe breit, kegelförmig. Äußere Schuppen lanzettlich und lang zugespitzt; innere mehr eiförmig. J. Achse zylindrisch, oben abgerundet, Vk. flach, halbkreisförmig. Ma. der j. Achse 20—24 Schichten breit, nach unten zu sich etwas verbreiternd. Prok. und Rindenzone gut ausgebildet. J. Achse durch ein sich etwas verbreiterndes, siebenschichtiges kollenchymatisches Gewebe abgeschlossen. Daran anschließend eine sich im oberen Teile verbreiternde Ma.Erw., oben doppelt so breit wie unten, ausgefüllt mit großlumigen, zartwandigen Zellen. Zahl der j. Nadeln sehr groß. Oberseits flach, unterseits gewölbt.

Bau der Nadel:

30. IX. 14. Vgl. Kirchhoff S. 43.

Querschnitt flach rhombisch, langgestreckt; obere Kante flacher ausgewölbt wie die untere. Ep.-zellen langgestreckt, ziem-

lich verdickt; Hyp. einschichtig, an den Kanten oft zweischichtig. Hyp. weniger stark verdickt in der Nähe der Sp.-Öffn. Unterseite der Nadeln nach oben gerichtet. Mes. einheitlich; Zellen polyedrisch, mit gewellter Membran. End. gebildet von großen, tangential gestreckten, kaum verdickten, verkorkten Zellen. Transfg. nicht sehr stark entwickelt, ähnlich dem der Pinusarten. Bdl. durch einen Parenchymstrang von einander getrennt. Bdl. offen, kollateral. Unterseits zwei Ha., fehlen oft. Eine kräftig entwickelte, stark verdickte Ha. Schd. umgibt sie. HaSchd. innen ausgekleidet mit einem zartwandigen Epithel.

Anatomische Entwicklung.

Knospenlänge 0,4 cm; Achsenlänge 0,16 cm. Nadel 0,044 cm. J. Nadel: Differenziert in Ep., Mes. und Zentralz. Letztere im Längsschnitt durch gestreckte Zellen erkennbar. Zellen der j. Nadeln plasmareich.

17. IV. 14.

Knospenlänge 0,4 cm; Achsenlänge 0,215 cm; Nadel 0,095 cm.

J. Nadel: Differenziert in Ep., Mes. und Zentralz. Letzterer im Querschnitt durch geringere Zellgröße erkennbar. Ha. angelegt; Lumen noch nicht vorhanden.

27. IV. 14.

Knospenlänge 0,45 cm; Achsenlänge 0,268 cm; Nadel 0,118 cm. Ep. unverdickt; Hyp. noch nicht erkennbar. Differenzierung zwischen Mes. und Zentralz. fortgeschritten. End. ausgebildet, noch zart. Zentralz. gesondert in Transfg. und Bdl. Der die Leitbündel trennende Parenchymstrang kenntlich.

4. V. 14.

Knospe ausgetrieben. Trieblänge 0,6 cm; Nadel 0,8 cm.

J. Nadel: Bleichgrün; Ep. unverdickt, Hyp. desgleichen. Zellen des Mes. reich an Plasma; End. noch zart. Differenzierung des Zentralz. schreitet fort. Transfg. noch zart. Gefäße etwas verdickt, Siebröhren vorhanden.

25. V. 14.

Trieblänge 2,1 cm. Nadel 1,3 cm. Querschnitt im wesentlichen ausgewachsen. Zellen arm an Plasma. Ep. kaum verdickt. Hyp. zart; End. desgleichen. Transfg. differenziert, aber Membranen noch ohne Tüpfel. Sklerenchymatische Elemente des Zentralz. unverdickt.

22. VI. 14.

Trieblänge 4,5 cm; Nadel 1,6 cm. J. Nadel morphologisch ausgewachsen, anatomisch noch nicht. Ep. und Hyp. stark verdickt; Lumen der Ep.-zellen sehr gering. HaSchd. verdickt. End. ausgebildet. Die Differenzierung der Transfg. erledigt. Sklerenchymatische Elemente des Zentralz. verdickt. Bdl. durch den Parenchymstrang scharf von einander getrennt. Siebteil, Kambium und Gefäßteil prägnanter differenziert.

30. VII. 14.

Bedeutende Zunahme der Verdickung in der Ep. und dem Hyp. Zunahme der Verdickung bei der HaSchd. und den sklerenchymatischen Elementen des Zentralz.

30. IX. 14.

Anatomisch fast unverändert. Sklerenchymatische Elemente mit weiterer Zunahme der Verdickung.

Stärke.

24. VII. 14.

Bau: J. Knospe breit, gedrunken, oben abgerundet, von einer Anzahl Schuppen dicht umgeben. J. Achse noch sehr kurz, kegelförmig; unten stark verbreitert. Koll. fehlt noch. Neue MaErw. im oberen Teile nur etwas erweitert, noch nicht doppelt so breit wie unten. Rinde unten breit und grobzigelig, nach oben sich sehr schnell verjüngend. Vk. bedeutend schmaler, mehr zugespitzt. Prok. nur aus einigen Zellreihen bestehend, bedeutend weniger wie im ausgewachsenen Zustande. Am Vegetationskegel unten seitlich einige Höcker, wahrscheinlich Anlagen von Nadeln.

Das ganze Objekt nur mit ziemlich wenig St.; am meisten im Ma., von der Basis nach der Spitze hin abnehmend; doch unten in dem weiteren Teil auch weniger. Axilläre Regionen mehr wie periphere. Rindenzone etwas im unteren Teile auf der Bündelzone, st-arm im oberen; auf dem Prok. und peripher davon im unteren Teile ziemlich St., Prok. und Vk. frei. Parenchym der inneren Knospenschuppen viel, besonders an der Basis; äußere wenig.

30. IX. 14.

Bau: Fast ausgewachsen, aber Vk. mehr zugespitzt. Ma. der j. Achse schmaler. Zahl der j. Nadeln bedeutend, aber noch lange nicht alle vorhanden. St.-Zunahme sehr bedeutend; Ma. der Achse blauschwarz. Koll. frei; MaErw. nur ein Teil der Zellen reich an St. Diese fast schwarz. Eine große Zahl von Zellen frei. Rinde weniger St. wie das Ma. der Achse, aber mehr als die MaErw.; St-Gehalt nimmt von der Basis nach der Spitze zu ab; innere Rinde etwas mehr wie äußere. Prok. frei. Parenchym der inneren Knospenschuppen ziemlich reich an St., der äußeren weniger.

J. Nadel: Nur an der Spitze und Basis ziemlich St. Etwas in der Ep., etwas mehr im Mes. An der Spitze und Basis im ganzen Mes.; in der Mitte nur im peripheren Teil. Die unteren Nadeln der j. Achse mehr St. wie die oberen.

10. II. 14.

Knospe: St-Abnahme bedeutend. Ma. der j. Achse sehr wenig; Koll. frei; ziemlich viel in der Ma-Erw., schwarzblau, in zerstreuten Zellen, aber viel weniger als am 30. IX.; eine große Zahl von Zellen frei. Vk. st-arm; Rinde geringe St.-Mengen, innere etwas mehr wie äußere; St-Gehalt von der Basis nach der Spitze hin abnehmend. J. Nadel st-frei.

3. III. 14.

Knospe: Geringe St-Zunahme. Ma. der j. Achse nicht mehr als am 10. II. Rinde ziemlich St., seitlich unten von der Nadel. Koll. frei; Vk. st-arm. MaErw. in wenigen Zellen schwarzblau; die größte Zahl der Zellen frei

J. Nadel: Nur wenig St. Ep. fast frei, etwas im Mes., besonders um den Zentralz.

17. IV. 14.

Knospe: Erhebliche St-Zunahme. Ma. der j. Achse dunkelviolett; Prok. frei. Rindenzone schwarzblau; Koll. frei, peripheres Ma. der Ma. Erw. wenig, die größte Zahl der Zellen frei; axilläres Ma. der MaErw. sehr viel, blauschwarz. Vk. st-arm.

J. Nadel: Geringe St-Zunahme.

Nadel.

4. V. 14.

St-Zunahme hält an; Ep. etwas, Mes. ziemlich St., am meisten um den Zentralz., weniger an den Flanken. End. viel, Zentralz. und Hyp. frei.

11. V. 14.

Weitere Zunahme. Ep. etwas, Mes. viel, schwarzblau. HaSchd. und Epithel frei. Schließzellen ziemlich viel. End. blau. Transfg. sehr viel. Bdl. frei.

18. V. 14.

Geringe St-Abnahme. Der größte Teil der Ep.-zellen frei, in der Nähe der Schließzellen etwas. Hyp. frei. Mes. weniger St., dunkelviolett; geringe Ansammlung an den Flanken. HaSchd. u. Epithel frei; Schließzellen ziemlich viel; End. sehr wenig; Transfg. sehr viel, blauschwarz. Der die beiden Bdl. trennende Parenchymstrang frei.

25. V. 14.

Starke St-Abnahme. Ep. in einigen Zellen etwas St. Hyp. frei. Mes. fast frei. HaSchd. u. Ep. frei. Schließzellen sehr viel. End. fast frei. Transfg. viel, einzelne Zellen st-arm. Der die Bdl. trennende Parenchymstrang frei.

2. VI. 14.

Sehr bedeutende St.-Zunahme. Makr.: Grau. Mikr.: Ep. wenig oberseits, unterseits frei. Eyp. frei; Mes. sehr viel, Ansammlung an den peripheren Teilen. HaSchd. und Epithel frei. Schließzellen viel, rotgefärbte St. End. viel. Ziemlich viel im Transfg., blau. Sklerenchymatische Elemente des Zentralz. frei. Desgleichen der die Bdl. trennende Parenchymstrang.

8. VI. 14.

Noch weitere St-Zunahme. Makr.: Graublau. Mikr.: Ep. ziemlich St. Hyp. weniger. Mes. blauschwarz, Ansammlung an den Flanken. HaSchd. und Epithel frei. Schließzellen etwas. End. ziemlich St. Transfg. viel, schwarzblau, einzelne Zellen frei. Parenchymstrang st-haltig.

26. VI. 14.

Erhebliche St-Abnahme. Makr.: Grau. Mikr.: Ep. und Hyp. frei. Viel im Mesophyll, Ansammlung an den Flanken. HaSchd. und Epithel frei. Schließzellen viel. End. frei. Transfg. in einigen Zellen viel, blauschwarz; einige Zellen sind frei, desgleichen die Bdl.

7. VII. 14.

Geringe St-Zunahme. Makr.: Grau. Mikr.: Ep. und Hyp. frei. Mes. viel, besonders in peripheren Teilen. HaSchd. u. Ep. frei. Desgleichen die End. Transfg. ziemlich viel; eine große Zahl von Zellen frei. Bdl. frei.

Orientierenderweise wurden Knospen und junge Nadel von Kirchhoff behandelt von März bis Mitte Juli 1912. Eingehendere Untersuchungen der jungen Nadel sind von Mitte Juli bis Dezember von ihm durchgeführt worden. Die nachstehenden Angaben sind aus seiner Dissertation, S. 50—56 entnommen.

Eingehende Untersuchungen. 24. VII. 1911.

Nadellänge 1,4 cm; hellgrün, fertig ausgebildet. Makr.: Transfg. dunkelblau, Flanken schwachblau. Mikr.: Meist sehr wenig bis wenig, Flanken mittel viel; vereinzelt peripher mehr, weniger der Mitte zu. End. meist wenig bis Spuren, einige Zellen frei. Transfg. über ein halb der Zellen ziemlich viel bis viel, grobkörnig, dunkelblau. Bdl. etwas im seitlichen Kambium.

13. VIII. 1912.

Nadellänge 1,1 cm. Makr.: Kanten und Zentralz. graublau. Mikr.: Mes., Flanken und periphere Schichten besonders oben und unten mittel bis ziemlich viel, sonst wenig bis mäßig viel. End. viel, grobkörnig, Transfg. in etwa ein halb der Zellen meist desgleichen, einige Zellen weniger, sonst frei. Bdl. etwas im seitlichen Kambium, Spuren im Markstrahl.

5. IX. 1912.

Nadellänge 1,1 cm. Mes. frei bis auf geringe Spuren in einigen peripheren Zellen der Kanten. End. recht viel, blau, verquollen. Transfg. seitlich vom Bündel geringe Mengen, blau.

31. X. 1911.

Nadellänge 1,4 cm. Mes. nur Spuren in einzelnen Zellen der Flanke oder über dem Zentralz. Transfg. seitlich vom Bdl. in 3—4 Zellen mäßig viel.

10. XII. 11.

Nadellänge 1,4 cm. Frei, bis auf Spuren in vereinzelt Zellen seitlich vom Bdl. Schließzellen wenig.

Orientierende Untersuchungen. 4. III. 12.

Makr.: Achse dunkelblau, Markkuppe schwachblau. Mikr.: Ma. der Knospe viel, grobkörnig, blau. Koll. frei. Markkuppe mittelviel, ziemlich feinkörnig. J. Blattanlagen mäßig viel an Spitze und Basis, weniger in der Mitte, und zwar etwas um den Zentralz. Peripher st-frei oder -arm.

17. IV. 12.

Makr.: Achse intensiv blau. Mikr.: Ma. der Knospe ziemlich viel. Koll. frei. Ma-kuppe viel, grobkörnig, schwarzblau. J. Blattanlagen ziemlich viel an der Spitze, Basis etwas weniger. Protoderm der Spitze wenig. Mitte der Nadel frei oder arm.

Die junge Nadel. Knospe vor dem Öffnen. Nadel 0,4 cm.

Mitte der Nadel: Mes. meist mäßig viel, Maximum in den Flanken und über dem Zentralz. End. und Transfg. zart, ziemlich viel, ziemlich grobkörnig, dunkelblau. Ep. und Hyp. zart, sehr wenig.

Spitze der Nadel: mehr St. Mes. ziemlich viel, ziemlich gleichmäßig; Maximum in den Flanken. End. und Transfg. viel, ziemlich grobkörnig, schwarzblau. Ep. und Hyp. etwas.

30. V. 12.

Knospe im Begriff sich zu öffnen. Nadel 0,7 cm, gelbgrün. Ep. wenig verdickt, Spuren. Hyp. eben angelegt, frei. Mes. mittel viel, peripher weniger. End. und Transfg. ziemlich viel bis viel, ziemlich grobkörnig.

12. VI. 12.

Trieblänge 3,5 cm; Nadel 1,1 cm. Ep. und Hyp. wenig verdickt, frei. Inneres Mes. ziemlich wenig, peripher und Flanken ziemlich viel, ziemlich grobkörnig. End. mittel bis ziemlich viel, grobkörnig, schwarzblau. Transfg. meist mittel bis sehr viel.

14. VI. 12.

End. und Transfg. schon etwas verdickt. End. meist weniger als am 12. VI. Sonst ebenso.

15. VII. 12.

Trieblänge 4,5 cm; Nadel 1,1 cm. Hellgrün. Nadel fertig ausgebildet. Makr.: Blau, besonders in den Flanken. Mikr.: 2—3 Schichten um den Zentralz. wenig oder ziemlich wenig. Peripher, besonders in den Flanken, intensiv blau. End. frei. Transfg. in Anzahl von Zellen viel, dunkelblau, besonders seitlich vom Bdl.

Gerbstoff.

22. I. 14.

Bedeutender Gerbstoffgehalt. Das Ma. des alten Triebes sehr viel Gerbstoff, braunschwarz; in Reihen angeordnet; ein Teil der Zellen gerbstofffrei. Rinde ziemlich viel Gerbstoff, zum Teil in kurzen Reihen, zum Teil einzeln; eine große Zahl von Zellen gerbstofffrei. MaErw. im axillären Teil sehr viel Gerbstoff, gruppenweise angeordnet; eine große Zahl von Zellen gerbstofffrei; periphere Teil gerbstoffarm; oberer Teil der MaErw. wenig Gerbstoff. Im Koll. die gerbstoffhaltigen Zellen mehr quer geordnet mit weniger Gerbstoff; viele Zellen gerbstofffrei. Ma. der j. Achse dunkelbraun; an der Basis die Hälfte der Zellen frei; Zahl der gerbstofffreien Zellen nach oben sehr gering. Vk. und Prok. frei.

Sehr wenig Zellen der inneren Rindenschicht in der an das Prok. grenzenden Zellschicht gelbbraun. Äußere Rinde fast frei; gerbstoffhaltige Zellen sehr selten. Innere Knospenschuppen nur in der Ep. Gerbstoff. Der Gerbstoffgehalt der Ep. der Knospenschuppen nach außen zunehmend; die äußersten Knospenschuppen ganz mit Gerbstoff angefüllt, Spitzen tot; in der Ep. mehr wie im Parenchym. Die j. Nadel gerbstofffrei. Im oberen Teile etwas Chlorophyll.

30. VII. 14.

Ma. der kurzen j. Achse sehr viel Gerbstoff; Zahl der gerbstoffhaltigen Zellen an der Basis groß, sehr gering an der Spitze. Vk., Prok. und Rinde gerbstofffrei. Innere Knospenschuppen nur in der Ep. gelbbraun; äußere ganz mit Gerbstoff angefüllt, braunschwarz.

30. IX. 14.

Ma. der j. Achse dunkelbraun; $\frac{1}{4}$ der Zellen an der Basis gerbstofffrei; Zahl der gerbstoffhaltigen Zellen nach oben hin sehr gering. Vk. und Prok. gerbstofffrei. Rinde in der an das Prokambium grenzenden Schicht einige Zellen gelbbraun, einzeln oder gruppenweise angeordnet; die meisten Zellen gerbstofffrei; in der äußeren Rinde nur einzelne Zellen gerbstoffhaltig. Ep. der inneren Schuppen schwarzbraun, äußere ganz dunkelbraun. J. Nadel gerbstofffrei.

17. IV. 14.

Ma. der j. Achse dunkelbraun; reihenweise Anordnung; Konzentration hat etwas abgenommen; an der Basis und Spitze einzelne Zellen gerbstofffrei. Vk. und Prok. frei. Innere Rinde eine große Zahl von gerbstoffhaltigen Zellen; einige frei, einzeln- oder gruppenweise angeordnet. In der äußeren Rinde nur einzelne gerbstoffhaltige Zellen. Knospenschuppen unverändert.

J. Nadel: Gerbstoffansammlung an der Spitze; nach der Basis abnehmend; Basis gerbstofffrei. Der Gerbstoffgehalt der j. Nadeln von der Basis der j. Achse nach der Spitze hin zunehmend. Querschnitt: Ep. schmutzig grau. Mes. gelbbraun. Angelegter Ha. und Zentralz. gerbstofffrei. Einzelne schwach gerbstoffhaltige Zellen im Transfg.

27. IV. 14.

Ma. der j. Achse braunschwarz; an der Basis und Spitze einzelne Zellen gerbstofffrei. Vk. und Prok. frei. Rindenschicht unverändert.

J. Nadel: Besondere Ansammlung im oberen Teil; nach der Basis hin abnehmend; an der Basis fast gerbstofffrei. Ep. gerbstoffarm, gelblich; unterseits einige Zellen dunkler. Mes. gerbstoffhaltig, dunkelbraun. End. gerbstofffrei. Transfg. gelblich, 2 Zellen oberseits dunkelbraun. Der innere Zentralz. gerbstofffrei. Ha-Schd. gelbbraun. Epithel gelblich.

Nadeln.

4. V. 14.

Bedeutende Gerbstoffzunahme. Ep. unterseits dunkelbraun. oberseits in einigen Zellen gelbbraun (spätere äußere Atemhöhle).

Mes. gelbbraun. End. hellgelb. Transfg. hellgelb. Bdl. gerbstofffrei. Sklerenchymatische Elemente und der die Bdl. trennende Parenchymstrang gelbbraun.

25. V. 14.

Bedeutende Gerbstoffabnahme. Ep. gelbbraun. Hyp. gerbstofffrei. Mes. gelbe tröpfchenartige Ausfällung. Schließzellen gerbstoffarm. End. gerbstofffrei. Transfg. in einigen Zellen etwas Gerbstoff, die größte Zahl der Zellen gerbstofffrei. Bdl. frei, desgleichen der die Bdl. trennende Parenchymstrang.

22. VI. 14.

Gerbstoffzunahme. Ep. dunkelbraun, schwarzbraun oberseits seitlich. Hyp. gelbbraun. Geringe Zunahme auch im Mes. HaSchd. gelbbraun. Epithel gerbstofffrei, End. desgleichen. Transfg. in einigen Zellen dunkelbraun. Bdl. gerbstofffrei, desgleichen der die Bdl. trennende Parenchymstrang.

30. VII. 14.

Bedeutende Gerbstoffzunahme. Ep. fast schwarz, besonders oberseits seitlich. Hyp. dunkelbraun, Lumen erkennbar; gerbstoffreich in der Nähe der Schließzellen. Mes. weitere Zunahme des Gerbstoffs, besonders im peripheren Teil, tröpfchenartige Ausfällung, in den meisten Zellen eins, in wenigen zwei, rotbraun; um den Zentralz. fast gerbstofffrei. Schließzellen gerbstoffarm. HaSchd. hellbraun. Epithel gerbstofffrei. Desgleichen die End. Transfg. schwarzbraun. Bdl., der die Bdl. trennende Parenchymstrang und die sklerenchymatischen Elemente gerbstofffrei.

30. IX. 14.

Gerbstoffzunahme in der Ep., dem Mes. und dem Transfg. Die End., die sklerenchymatischen Elemente, der die Bdl. trennende Parenchymstrang und die Bdl. sind gerbstofffrei.

2. XII. 14.

Weitere Zunahme. Ep. dunkelbraun. Hyp. gerbstofffrei mit Ausnahme der an die Schließzellen grenzenden Zellen; letztere braun. Mes. braune, tröpfchenartige Ausfällung. Ha. in keinem der Schnitte vorhanden. End. gerbstofffrei. Transfg. in der Hälfte der Zellen braune, körnige Ausfällung. Sklerenchymatische Elemente dunkelbraun. Parenchymstrang dunkelbraun.

Von Kirchhoff wurden Untersuchungen im Juli und Januar ausgeführt. Die nachstehenden Angaben sind aus seiner Dissertation, S. 56 und 57 entnommen.

21. VII. 11.

„Ep., Hyp. und HaSchd. dunkel oder gelblich braun. Mes. graubraun, peripher etwas dunkler. End. graugelb. Transfg. dunkelbraun bis schwarzbraun, einige Zellen frei. Bdl.: Holzparenchym vereinzelt desgleichen. Ma-Strahlen gelblich braun. Fasern braun oder schwärzlich braun.“

19. 1. 1912.

Mehr als am 21. VII. Ep., Hyp. und HaSchd. dunkelbraun, einige Zellen rot oder gelbbraun. Mes. braun bis etwas dunkler (besonders peripher). End. wie am 21. VII. Transfg. schwarzbraun, vereinzelt rotbraun. Sonst wesentlich wie am 21. VII.“

Zusammenfassung.

Anatomische Entwicklung.

Im Juli sind die jungen Nadeln in sehr geringer Zahl in der Knospe eben angelegt. Im September hat sich ihre Zahl bedeutend vergrößert, aber auch jetzt sind noch nicht alle vorhanden. Im Januar haben sie in den untersten Partien der jungen Achse eine Länge von 0,5 mm und zeigen eine Differenzierung in Epidermis, Mesophyll und Zentralzylinder. Bis Mitte April erreicht die Nadel eine Länge von annähernd 1 mm. Jetzt sind auch die Harzkanäle in ihrer Anlage erkennbar. Ihr Lumen wird noch durch Epithelzellen ausgefüllt. In der zweiten Hälfte des April und in den ersten Tagen des Mai folgt dann eine sehr rasche Zunahme der Nadellänge. In den ersten Tagen des Mai ist schon eine Länge von 8 mm erreicht. Die Knospe hat zu dieser Zeit ausgetrieben. Die junge Nadel ist noch chlorophyllarm. Ende April wird außer den schon vorhandenen Geweben noch kenntlich das Hypoderm und die Endodermis. Der die Leitbündel trennende Parenchymstrang beginnt gleichzeitig sichtbar zu werden. Ende Mai ist dann die Nadel im Querschnitte im wesentlichen ausgewachsen. Die Verdickung der Nadel beginnt in dieser Zeit, da die Streckungsperiode ziemlich zu Ende ist. Etwas verdickt ist schon die Epidermis. Ende Juni sind die Epidermis, das Hypoderm, die Harzkanalscheide und die sklerenchymatischen Elemente des Zentralzylinders schon ziemlich stark verdickt. Die sämtlichen anderen Gewebe sind fertig ausgebildet. Im Juli findet nur noch eine weitere Zunahme der Verdickung statt. Ende Juli sind sämtliche Gewebe fertig mit Ausnahme der sklerenchymatischen Elemente. Letztere zeigen noch eine weitere Zunahme der Verdickung in den Herbstmonaten und auch späterhin.

Stärke.

Im September zeigen sich in den jungen Nadeln die ersten Stärkemengen. Bei ihrem Auftritt sind die Randpartien ausgezeichnet, wie aus dem Längsschnitt hervorgeht, da hier in der Mitte die angegebene Verteilung herrscht. An der Basis und Spitze der jungen Nadel ist das ganze Mesophyll mit Stärke angefüllt. Etwas befindet sich auch in der Epidermis. Im Januar ist dann sämtliche Stärke verschwunden. Erst im März zeigen sich wieder geringe Spuren. Zu dieser Zeit sind die Partien um den Zentralzylinder durch ihren Stärkegehalt ausgezeichnet. Fast frei ist die Epidermis. Die Zunahme im März und April ist sehr gering. Sie hält an bis kurz nach dem Austrieb der Knospe, wo die Nadel ihr erstes Maximum erreicht, das man als Austriebsmaximum kennzeichnen kann. Zu dieser Zeit ist das Mesophyll und das Transfusionsgewebe schwarzblau, die Endodermis blau. Ende Mai folgt dann das Streckungsminimum. Zu dieser Zeit ist das Mesophyll fast stärkefrei, nur die Schließzellen enthalten sehr viel, und das Transfusionsgewebe viel. Auch die Epidermis zeigt Spuren von Stärke. Die übrigen Gewebe sind frei. Anfang Juni

erfolgt dann wieder eine Zunahme. Am Ende des Monats zeigt sich eine geringe Schwankung. Mit Ausbildung ihrer Verdickung sind die Epidermis, das Hypoderm, die Harzkanalscheide und auch das zartwandige Epithel stärkefrei. Das Hauptmaximum der jungen Nadel wird, wie aus Kirchhoffs Untersuchungen hervorgeht, erst Mitte August erreicht. Von da ab setzt eine sehr schnelle Abnahme ein. Anfang September findet sich nur noch recht viel Stärke in der Endodermis und im Transfusionsgewebe seitlich vom Bündel, während das Mesophyll bis auf geringe Spuren frei ist. Auch im Dezember ist die junge Nadel noch nicht stärkefrei. Die Schließzellen enthalten wenig, und Spuren befinden sich in vereinzelten Zellen seitlich vom Bündel. Ein vollkommener Stärkeschwund wird also bei diesem Objekt auch in den Wintermonaten nicht erzielt.

Von Mitte Juli ab sind die Angaben aus Kirchhoffs Untersuchungen entnommen.

Gerbstoff.

Die Gerbstoffkurve schließt sich in ihrem Verlauf vielfach derjenigen der Stärke an. Die junge Nadel bleibt im Herbst und in den Wintermonaten vollkommen gerbstofffrei. Im April zeigt sich schon ein ziemlicher Gerbstoffgehalt. Ausgezeichnet durch ihren Reichtum an Gerbstoff ist die Spitze, d. h. der älteste Teil der Nadel. Im Querschnitt zeigen sich nur Spuren in der Epidermis, viel im Mesophyll. Im Transfusionsgewebe finden sich nur einzelne gerbstoffhaltige Zellen. Ende April zeigt sich schon viel Gerbstoff in sämtlichen Geweben, mit Ausnahme des Sieb- und Holzteils, die ständig gerbstofffrei bleiben. Den meisten Gerbstoff enthält das Mesophyll. In den ersten Tagen des Mai bis zum Austrieb hält die Gerbstoffzunahme noch an. Hier wird das Austriebmaximum erreicht. Dann folgt eine bedeutende Abnahme bis zum Ablauf der Streckungsperiode. Das Streckungsminimum wird Ende Mai erreicht. Zu dieser Zeit findet sich Gerbstoff in der Epidermis, dem Mesophyll und in einigen Zellen des Transfusionsgewebes. Sämtliche übrigen Gewebe sind gerbstofffrei. Nach dem Streckungsminimum setzt eine sehr schnelle Zunahme bis Ende Juli ein. Von da ab folgt eine allmähliche und stetige Speicherung, die auch in den Wintermonaten anhält.

Wie Kirchhoff festgestellt hat, nimmt der Gerbstoffgehalt mit dem Alter der Nadel zu.

Abies brachyphylla.

Das Material wurde einem im botanischen Garten freistehenden, kräftig entwickelten Exemplar von ca. 18 m Höhe und zwar von der Südseite entnommen.

Bau der Knospe:

30. IX. 14.

Knospenlänge 0,4 cm. Achsenlänge 0,085 cm. Nadel 0,03 cm. Knospe ziemlich groß, fast kugelförmig. Schuppen hellbraun, rundlich an der Spitze; die äußeren derber wie die inneren.

Achse zylindrisch, oben abgerundet. Vk. stark abgeflacht. Daran anschließend ein stark entwickeltes, 14—16 schichtiges Ma; nach unten zu sich nur wenig verbreitend. Junge Achse unten durch eine kollenchymatische Zone abgeschlossen. Daran eine sich etwas, aber verhältnismäßig nur wenig verbreiternde Ma.-Erw., die nach unten hin schnell abnimmt. Rinde und Prok. der j. Achse kräftig entwickelt. Die j. Achse wird becherförmig von der alten Rinde umgeben. Im Ma. des alten Triebes einige Steinzellen.

Bau der Nadel: Vgl. Kirchhoff S. 58.

30. IX. 14.

Querschnitt flach. Eine stark verdickte Ep., anschließend das einschichtige, selten zweischichtige, stark verdickte Hyp.; unterseits in der Gegend der Sp.-öffn. fehlend. Mes. gesondert in das zweischichtige Pal.- und das Schwg. Im Schwg. etwa in der Mitte jeder Nadelhälfte ein Ha., angrenzend an das Pal.-Gewebe. HaSchd. großlumig, unverdickt. Innen ausgekleidet mit einem zartwandigen Epithel. An die kontinuierlich geschlossene, aus seitlich großzelligen, oben und unten kleinzelligen, etwas derbwandigen Zellen bestehenden End. schließt sich seitlich und oberseits das Perik. und dann ein aus Tracheiden bestehendes Transfg. Hoftüpfel sehr klein. Bdl. durch einen unterseits sklerenchymatisch verdickten Parenchymstrang in zwei Teile gegliedert. Unterhalb davon eine große Anzahl sklerenchymatischer Zellen. Oberhalb nur einige. In den Bdl. eine Anzahl Markstrahlen.

Anatomische Entwicklung.

10. II. 14.

Knospenlänge 0,4 cm. Achsenlänge 0,145 cm. Nadel 0,052 cm. J. Nadel gesondert im Ep., Mes. und Zentralz. Letzterer durch gestreckte Zellen im Längsschnitt erkennbar.

17. IV. 14.

Knospenlänge 0,4 cm; Achsenlänge 0,192 cm. Nadel 0,067 cm. Anatomisch keine wesentliche Änderung.

27. IV. 14.

Ep. unverdickt. Hyp. noch nicht deutlich. Mes. noch nicht gesondert im Schwg. und Pal. Ha-Lumen nur z. T. eben erkennbar. End. angedeutet. Perik. angelegt. Innere Gewebe einheitlich.

11. V. 14.

Knospe treibt gerade aus. Nadel 0,5 cm. Ep. noch zart. Hyp. angelegt, noch meristematisch. Mes. noch einheitlich. Sp. öffn. noch nicht angelegt. Ha-Lumen vorhanden. End. noch kleinzellig, plasmareich. Ebenso das Perik. und die meisten übrigen Elemente des Zentralz. Parenchymstrang vorhanden.

25. V. 14.

Trieblänge 1,2 cm. Nadel 1 cm. Ep. kaum verdickt, Hyp. noch zart. Pal.-Gewebe durch kleine rundliche Zellen angedeutet. Schwg. großzelliger; einzelne Zellen quergestreckt. Spöffn. in Entwicklung begriffen. Perik ausgeprägt. Transfg. angelegt. Sklerenchymatische Elemente noch zart.

22. VI. 14.

Trieblänge 4,1 cm. Nadel 1,6 cm. J. Nadel morphologisch ausgewachsen. Ep. erheblich verdickt. Hyp. ziemlich verdickt. Pal.-Zellen in der Längsstreckung begriffen. Querstreckung der Schwg.-Zellen erledigt. End. ausgebildet. Transfg. teilweise Hof-tüpfel. Parenchymstrang weiter. Sklerenchymatische Elemente unverdickt. Einige Markstrahlen kenntlich.

30. VII. 14.

Ep. sehr stark verdickt. Desgleichen das Hyp. Längsstreckung der Pal-Zellen erledigt. Sklerenchymatische Elemente des Zentralz. stark verdickt.

30. IX. 14.

Nadel fertig, nur sklerenchymatische Elemente noch in der Verdickung begriffen.

Stärke.

30. IX. 14.

Knospenlänge 0,4 cm. Achsenlänge 0,085 cm. Nadel 0,03 cm. Knospe: Ma. der alten Achse blau. Ma. Erw. ziemlich viel St.; nach oben hin abnehmend, im obersten Teil sehr wenig. Koll. frei. Ma. der j. Achse blau. Vk. sehr wenig St. Prok. frei. Rinde violett blau, besonders seitlich unten von der Nadel, fast ebensoviel als j. Ma.

J. Nadel: Nur an der Basis etwas St. und zwar nur im Mes. Spitze der älteren Nadeln der j. Achse mit mehr St.

9. II. 14.

Knospenlänge 0,4 cm. Achsenlänge 0,145 cm. Nadel 0,052 cm. Ma. der alten Achse frei. Desgleichen die MaErw. Koll. frei. Ma. der j. Achse ziemlich St., weniger im untersten Teil. Vk. wenig. Prok. frei. Rinde seitlich unten von der Nadel etwas St.

Die j. Nadel z. T. sehr wenig St. im Mes.

17. IV. 14.

Knospenlänge 0,4 cm. Achsenlänge 0,192 cm. Nadel 0,067 cm. Bedeutende St-Zunahme. Ma. der alten Achse in einigen Zellen viel, in anderen wenig St., eine große Zahl von Zellen frei. Ma. Erw. mehr st-haltige Zellen; St-Gehalt im obersten Teile sehr gering. Koll. frei. Ma. der j. Achse sehr viel, blauschwarz; St-Gehalt nach oben hin zunehmend. Vk. ziemlich St. Prok. frei. Rinde ziemlich St., besonders seitlich unten von der Nadel.

J. Nadel: An der Spitze sehr viel St., im mittleren und unteren Teile viel um den Zentralz., etwas in der Ep. Die jüngsten Nadeln mehr St. wie die älteren der j. Achse. Querschnitt: Ep. st-arm, andere Teile ganz frei. Mes. viel, an den Flanken und besonders hypodermal weniger; Anhäufung um den Zentralz. Letztere z. T. etwas.

12. V. 14.

Nadel 0,5 cm. Makr.: Graublau. Mikr.: Ep. frei. Pal. wenig. Schwg. in einzelnen Schnitten blau, in anderen sehr starke Anhäufungen um den Zentralz., weniger an den Flanken. Hä-

Schd. st-arm. Epithel frei. Zentralz. nur in den Randpartien wenig. End. blauschwarz.

25. V. 14.

Trieblänge 1,2 cm. Nadel 1 cm. Makr.: Fast schwarz. Mikr.: Starke St-Zunahme. Ep. st-arm. Hyp. und Pal. wenig. Schwg. blauschwarz. HaSchd. viel. Epithel frei. End. viel, ober- und unterseits, weniger an den Flanken. Perik. blau. Innere Gewebe frei.

8. VI. 14. Trieblänge 3,7 cm. Nadel 1,6 cm. Makr.: Graublau. Im ganzen St-Abnahme. Ausnahme einige jüngere Teile. Ep. wenig. Hyp. sehr wenig. Pal. ziemlich viel. Schwg. mehr, blau. HaSchd. viel. Ep. frei. Schließzellen ziemlich St. End. an den Flanken wenig, ober- und unterseits sehr viel, blau. Perik. blau. Im Transfg. in einigen Zellen etwas. Parenchymstrang frei.

22. VI. 14.

Trieblänge 4,1 cm. Nadel 1,6 cm. Makr.: Graublau bis schwarz. Mikr.: Ep. etwas, Hyp. fast frei. Pal. ziemlich viel. Schwg. etwas mehr. blauschwarz. HaSchd. sehr viel. Epithel frei. Schließzellen viel. End. an den Flanken etwas, ober- und unterseits viel. Perik. in den meisten Zellen viel, einige frei. Siebteil mäßige St.

Von Kirchhoff wurden summarische Untersuchungen über Knospe und junge Nadel am 20. X. 1911, und von Anfang März bis Mitte Juli 1912 gemacht. Eingehende Untersuchungen stellte er am 14. VII. 1911 und vom August bis Dezember 1912 an. Die nachstehenden Angaben sind aus seiner Dissertation S. 64—72 entnommen.

Eingehendere Untersuchungen: 14. VII. 11.

„Nadellänge 1,8 cm. Hellgrün. Makr.: Blau. Mikr.: Mes. meist viel, Maximum in den Flanken. Obere Pal. sehr viel weniger und feinkörniger, nach den Flanken etwas mehr; über dem Zentralz. auch in der zweiten Pal.-Schicht weniger. HaSchd. sehr viel. Epithel meist frei, einige Zellen wenig. End. seitlich und oben seitlich wenig und feinkörnig; unten und oben über den noch nicht ganz fertig verdickten Fasern viel. Perik. viel. Transfg. in einigen Zellen desgleichen. Bdl. frei.

10. VIII. 12.

Makr.: Dunkelblau. Mikr.: Mes. sehr viel, seitlich vom Zentralz. etwas weniger. Ep. und Hyp.: Einige Zellen schwarzblau. HaSchd. sehr viel. Epithel meist frei, einige Zellen Spuren. End. seitlich mittelviel bis ziemlich viel, oben und unten sehr viel. Perik. meist viel bis sehr viel, unten häufig frei. Transfg. meist frei, einige Zellen seitlich vom Bdl. ziemlich viel.

5. IX. 12.

Nadellänge 2 cm. Makr.: Mes. blau, Flanken dunkler. Mikr.: Mes. meist ziemlich viel bis viel, an den Ha. und an den Flanken

mehr; desgleichen häufig peripher unten. HaSchd. wie das benachbarte Mes. Epithel schwachblau. End. oben etwas, seitlich weniger, unten etwas mehr. Perik. oben und seitlich oben ziemlich viel, homogen blau, unten häufig frei. Transfg. seitlich in einzelnen Zellen ebenso.

7. X. 11.

Nadellänge 1,7 cm. Mikr.: Mes. meist frei, doch einige Zellen unterseits sehr verteilte feinkörnige St. Epithel blau, verquollen. Transfg.: vereinzelte Zellen seitlich vom Bdl. schwachblau.

27. X. 11.

Nadellänge 2 cm. St.-frei.

7. XII. 11.

Nadellänge 2 cm. St.-frei.

Orientierende Untersuchungen. 20. X. 11.

Makr.: Z. T. schwarzblau, z. T. graublau. Mikr.: J. Achse sehr viel; ziemlich feinkörnig. Koll. frei. Ma.-Kuppe unterhalb dieser sehr viel, grobkörnig. Die den j. Trieb direkt umgebenden Schuppen ziemlich viel, an der Spitze weniger. Die äußeren Schuppen nur an der Basis viel, sonst tot.

Blattanlage: Spuren im Protoderm. Darauf nach innen arm oder frei. Um den Zentralz. mäßig viel. Spitze und Basis ziemlich viel.

4. III. 12.

Makr.: Blau. Mikr.: Ma. des j. Triebes viel, feinkörnig, schwarzblau. Koll. frei. Ma.-Kuppe unterhalb dieser ziemlich viel bis viel, grobkörnig. Schuppen erheblich weniger als im November.

Blattanlage: An der Spitze viel, an der Basis weniger. Protoderm und etwa 2—3 Schichten darunter frei oder st.-arm.

16. IV. 12.

Knospe: Weit hinter den anderen Objekten zurück; noch geschlossen, aber doch schon vergrößert. Makr.: Weniger als am 4. III., blau. Mikr.: Ma. der Knospe meist mittel viel, feinkörnig, an der Spitze mehr. Koll. frei. Ma.-Kuppe unterhalb dieser mittelviel.

Blattanlage: Protoderm und etwa 2 Schichten unter diesem frei, nach innen um den Zentralz. mittelviel. Spitze der j. Blätter ziemlich viel.

17. V. 12.

Knospe eben geöffnet. Nadel ca. 0,5 cm; Sehr zart. Makr.: Erheblich mehr St. als am 16. IV., schwarzblau. Mikr.: Achse des j. Triebes sehr viel. Koll. mittel bis viel.

Querschnitt der Nadel: Mes. ziemlich viel bis viel um den Zentralz. Dieser selbst frei. 2—3 äußere Schichten des Mes. frei oder arm.

12. VI. 12.

Trieblänge 5,5 cm, Nadel 1,8 cm. Zart, hellgrün. Makr.: Dunkelblau. Mikr.: Ep. etwas verdickt. Hyp. noch zart. Tracheiden

z. T. fertig. Ep. etwas. Hyp. frei. Mes. meist viel, grobkörnig, blau. Peripher oberseits feinkörniger und weniger. HaSchd. wie das umgebende Mes. Epithel sehr wenig. End. seitlich wenig und feinkörnig, oben und unten wie Mes. Perik. sehr viel. Transfg. meist mäßig viel, einzelne Zellen ziemlich viel.

15. VII. 12.

Nadel 1,7 cm. Ep. und Hyp. fertig. Sklerenchymatische Elemente im Zentralz. nur etwas verdickt. Makr.: Wie am 12. VI. Mikr.: Ähnlich wie am 12. VI. Ep. und Hyp. frei. Mes. meist viel bis sehr viel. Maximum: Flanken und Unterseite, desgleichen zweite Pa.-Schicht. Erste weniger. Ziemlich viel. HaSchd. sehr viel. Epithel meist frei. End. seitlich und oben seitlich mittelviel, oben und unten wie Mes. Perik. sehr viel. Transfg. in einigen Zellen mittel bis ziemlich viel.“

Gerbstoff.

30. IX. 14.

Das Ma. des alten Triebes braun. Desgleichen die MaErw. In beiden tröpfchenartige Ausfällung. Oberer Teil der MaErw. bedeutend weniger. Koll. braun. Ma. der j. Achse bräunlich im unteren Teil, schmutzig-grau der obere Teil und die Mitte; eine Anzahl von Zellen und Zellreihen des j. Marks gerbstofffrei. Rinde gerbstoffarm; einzeln oder gruppenweise angeordnete Zellen seitlich unten von der Nadel schmutzig-grau. Vk. und Prok. gerbstofffrei. Ma.-Strahlen schmutzig-grau.

J. Nadel: Gerbstoffgehalt der Nadeln von der Basis nach der Spitze der j. Achse hin abnehmend. Querschnitt: Schmutzig-grau ober- und unterhalb des Zentralz. im Mes. Ep., Zentralz. und die Flanken der Nadel gerbstofffrei.

22. I. 14.

Erheblich mehr als am 30. IX. Ep., Zentralz. und Flanken der Nadel gerbstofffrei. Schmutzig-grau das Mes. um den Zentralz., besonders ober- und unterseits.

17. IV. 14.

Ep. nur oberseits über dem Zentralz. einige schmutzig-graue Zellen. Zahl der gerbstoffhaltigen Zellen im Mes. hat zugenommen, gelbbraun, tröpfchenartige Ausfällung. Der angelegte Ha. gerbstofffrei. Einzelne Z. im Perik. braun. Die übrigen Gewebe des Zentralz. gerbstofffrei.

27. IV. 14.

Zunahme des Gerbstoffs. Ep. gelblich, z. T. dunkelbraun. Mes. gelbbraun. Ha. gerbstofffrei. Perik. unterseits gelbbraun, oberseits einige Zellen desgleichen, Flanken frei. Transfg. schwachgelblich. Die inneren Gewebe gerbstofffrei.

11. V. 14.

Weitere Zunahme. Ep. schmutzig-grau, tröpfchenartige Ausfällung. Hyp. teilweise vorhanden, dunkelbraun. Mes. eine große Zahl von braunen Tröpfchen in jeder Zelle; Gerbstoffansammlung um die Ha. HaSchd. gelb. Epithel gelblich. End. einige wenige

gelbbraune Zellen oberseits, Perik. eine große Zahl von braunen Zellen, einige gerbstofffrei. Parenchymstrang braun.

24. V. 14.

Gerbstoffabnahme. Ep. gelbbraun. Hyp. gelbbraune Ausfällung im plasmatischen Wandbeleg. Pa-Zellen gelbbraun. Schwg. heller, tröpfchenartige Ausfällung. HaSchd. dunkelbraun. Epithel gelblich. End. seitlich wenig Gerbstoff, unter- und oberseits in einigen Zellen gelb. Perik. gelbe, tröpfchenartige Ausfällung. Transfg. gelb. Die späteren sklerenchymatischen Elemente rotbraun.

22. VI. 14.

Erhebliche weitere Abnahme. Ep. graubraun. Hyp. heller. Pal. graubraun. Schwg. tröpfchenartige Ausfällung, graugrün. HaSchd. dunkelbraun. Epithel frei. End. an den Seiten fast gerbstofffrei, oberseits gelbe Tröpfchen, und wenige gerbstoffhaltige Zellen unterseits. Perik. braun, tröpfchenartige Ausfällung. Transfg. in einigen Zellen gerbstoffarm, die größte Zahl der Zellen frei. Die späteren sklerenchymatischen Elemente z. T. braun, z. T. frei. Parenchymstrang in einzelnen Zellen schwach gelblich.

30 VII. 14.

Wieder Zunahme. Ep. braune, körnige Ausfällung. Hyp. dunkelbraun. Pal. grüngelb. Schwg. etwas heller. HaSchd. gelbbraun. Epithel gelb. End. oberseits einige und unterseits eine große Zahl von Zellen braun, tröpfchenartige Ausfällung, seitlich fast frei. Perik. braune Tröpfchen. Transfg. frei. Sklerenchymatische Elemente zum großen Teil gelblich, teilweise frei. Mastrahlen gelblich.

30. IX. 14.

Noch weitere Zunahme. Ep. dunkelbraun. Desgleichen das Hyp. Pal. gelbgrün; Schwg. etwas heller, mit braunen Tröpfchen. HaSchd. dunkelbraun. Epithel gelbbraun. End. seitlich frei, oberseits einzelne graugelbe Zellen, unterseits braune Tröpfchen. Perik. braun. Transfg. gerbstofffrei. Sklerenchymatische Elemente in der Hälfte der Zellen gelb, die andere Hälfte frei. Ma-Strahlen dunkelbraun.

Von Kirchhoff wurden Untersuchungen im Sommer und Winter ausgeführt. Die nachstehenden Angaben sind seiner Dissertation S. 72 und 73 entnommen.

14. VII. 11.

„Recht wenig Gerbstoff. Ep. und Hyp. dunkelbraun. Mes. hellbraun, peripher dunkler, seitlich vom Zentralz. heller, körnig. HaSchd. dunkelbraun. Epithel gelblich braun. End. hellbraun, seitlich ziemlich hell. Perik. dunkelbraun. Transfg. meist frei, vereinzelt braun oder dunkelbraun. Fasern zum Teil braun, zum Teil dunkelbraun oder frei. Bdl.: Strahlen des Holz- und Siebteils bisweilen braun.

15. I. 12.

Erheblich mehr als am 14. VII. Ep. und Hyp. schwarzbraun. Mes. braun bis dunkelbraun, peripher dunkelbraun bis

schwärzlich braun. HaSchd. schwarzbraun. Epithel dunkelbraun. End. dunkelbraun. Perik. schwarzbraun. Bdl.: Strahlen des Siebteils bisweilen dunkelbraun, des Holzteils braun. Fasern bisweilen dunkelbraun.“

Zusammenfassung.

Anatomische Entwicklung.

Die j. Nadel wird bei diesem Objekt sehr spät angelegt. Im September sind eine Anzahl vorhanden, aber lange noch nicht alle. Im Januar ist die junge Nadel in Epidermis, Mesophyll und Zentralzylinder gesondert. Sie hat in ältesten Teilen eine Länge von stark 0,5 mm. Die Nadellänge nimmt im März und April ziemlich langsam zu. Mitte April ist sie annähernd 0,7 mm. Eine anatomische Änderung ist bis zu dieser Zeit noch nicht eingetreten. Ende des Monats ist die Endodermis angedeutet und das Perikambium angelegt. Das Harzkanallumen ist schon teilweise erkennbar. Mitte Mai treibt die Knospe aus. Zu dieser Zeit hat die Nadel eine Länge von 5 mm. Sie ist noch chlorophyllarm. An Geweben werden zum erstenmal kenntlich das Hypoderm und der die Leitbündel trennende Parenchymstrang. Im Mai und Juni nimmt die Nadellänge sehr schnell zu. Ende Mai ist das Palisadengewebe durch seine kleinen, rundlichen Zellen vom Schwammgewebe zu unterscheiden. Kenntlich werden die Spaltöffnungen und das Transfusionsgewebe. Mitte Juni ist die Streckungsperiode zu Ende. Dann setzt die Verdickung ein. Ende Juni ist die junge Nadel morphologisch ausgewachsen. Sie hat eine Länge von 1,6 cm erreicht. Zu dieser Zeit sind die Epidermis und das Hypoderm erheblich verdickt; das Palisadengewebe ist in der Längsstreckung begriffen, während das Schwammgewebe seine Querstreckung erledigt hat. Das Transfusionsgewebe besitzt nur teilweise Hoftüpfel. Im Juli findet eine Zunahme der Verdickung der Epidermis und des Hypoderms statt. Ende des Monats sind die Epidermis und das Hypoderm stark verdickt. Die Palisadengewebe haben ihre Längsstreckung erledigt. Die sklerenchymatischen Elemente des Zentralzylinders sind stark verdickt. In den späteren Monaten erfolgt nur noch eine Zunahme der Verdickung in den sklerenchymatischen Elementen des Zentralzylinders.

Stärke.

Im September zeigen die jungen, in der Knospe eben angelegten Nadeln, besonders die an dem unteren Teile der Achse befindlichen viel Stärke an der Spitze, die oberen nur an der Basis und zwar im Mesophyll. Im Winter ist die junge Nadel frei oder fast frei. Im Februar findet sich nur teilweise im Mesophyll sehr wenig Stärke. In den folgenden Monaten folgt eine energische Zunahme. Mitte April ist die Spitze der jungen Nadel durch ihren Stärkereichtum ausgezeichnet. Im mittleren und unteren Teil findet sich viel um den Zentralzylinder. Es tritt also bei diesem Objekt die Stärke wiederum um den Zentralzylinder zuerst auf. An den Flanken und besonders hypodermal findet sich weniger.

Der Zentralzylinder enthält z. T. etwas. Die Zunahme hält an bis Ende Mai. Zu dieser Zeit wird das Austriebmaximum erreicht. Ausgezeichnet durch Stärkegehalt ist das Schwammgewebe (blauschwarz), das Perikambium (blau), die Endodermis ober- und unterseits. Wenig enthalten das Palisadengewebe und das Hypoderm, während die Epidermis stärkearm und die inneren Gewebe des Zentralzylinders frei sind. Im Juni folgt dann die Streckungsperiode. Das Streckungsminimum wird Mitte dieses Monats erreicht. Die Stärkeabnahme ist aber sehr gering. Das Schwammgewebe ist zu dieser Zeit noch blau, desgleichen die Endodermis ober- und unterseits. Von dieser Zeit ab folgt dann eine langsame Zunahme. Das Hauptmaximum wird erst im Anfang August erreicht. Zu dieser Zeit enthält das Mesophyll sehr viel mit Ausnahme der seitlich vom Zentralzylinder liegenden Zellen. Sehr viel enthält auch die Harzkanalscheide, etwas weniger das Perikambium. Von der Mitte des August an folgt dann eine Stärkeabnahme. Von Ende Oktober bis Ende Dezember ist die junge Nadel vollkommen frei.

Vom Juli ab sind die Angaben aus den angeführten Untersuchungen Kirchhoffs entnommen.

Gerbstoff.

In sehr geringer Menge findet sich Gerbstoff im September in der jungen Nadel und zwar ober- und unterseits vom Zentralzylinder im Mesophyll. Die Gerbstoffzunahme während der folgenden Monate ist sehr gering. Die Ansammlung um den Zentralzylinder ist auch im Januar zu erkennen, nur zeigen sich jetzt auch seitlich vom Zentralzylinder Spuren. In den nächsten Monaten Februar, März und April ist die Zunahme weiterhin gering. Nur in der Epidermis über dem Zentralzylinder treten einige schmutzig-graue Zellen hinzu und einzelne braune Zellen im Perikambium. Der Gerbstoffgehalt im Mesophyll hat gleichfalls zugenommen. Die Zunahme des Gerbstoffs hält auch noch in der ersten Hälfte des Mai an. Z. Zt. des Austriebs erfolgt das erste Maximum. Zu dieser Zeit besitzt das Mesophyll eine Anzahl brauner Tröpfchen in jeder Zelle. Eine Gerbstoffansammlung um die Harzkanäle macht sich bemerkbar. Das Perikambium besitzt eine große Zahl brauner Zellen, während das teilweise vorhandene Hypoderm dunkelbraun ist. In der zweiten Hälfte des Monats und im Juni, d. h. z. Zt. der Streckungsperiode, folgt dann eine Abnahme. Das Streckungsminimum ist Ende des Monats erreicht. Dunkelbraun ist zu dieser Zeit der Harzkanal, während das Schwammgewebe eine gelblich-graue Färbung besitzt. Graubraun ist das Palisadengewebe. Vom Juli ab folgt dann eine Gerbstoffanreicherung bis Ende September. Zu dieser Zeit ist die Zunahme ziemlich zu Ende, wie ein Vergleich mit Kirchhoffs Untersuchungen vom 15. I. 12 lehrt.

„Mit zunehmendem Alter der Nadeln läßt sich eine Zunahme von Gerbstoff beobachten,“ wie Kirchhoff festgestellt hat.

Pseudotsuga Douglasii.

Das Material wurde einem staatlichen, jungen, freistehenden Exemplar von ca. 12 m Höhe aus dem Ebental am Hainberge entnommen und zwar auf der Südseite.

Bau der Knospe:

22. I. 14.

Knospenlänge 8 mm, Achsenlänge 2,1 mm, Nadel 0,55 mm. Knospe spitz eiförmig. Schuppen glänzend braun, kurz bewimpert, lanzettlich. Äußere Schuppen derber wie die inneren. Achse zylindrisch, oben abgerundet. Vk. ziemlich spitz, halbkreisförmig. Ma. der j Achse 15—20 Schichten breit, nach unten sich verbreiternd; Zellen flach. Daran anschließend ein achtschichtiges gut entwickeltes Koll., Zellen quer gestreckt. Daran eine Ma.-Erw., deren breiteste Stelle unterhalb des Koll. liegt; nach der Basis zu langsam abnehmend. Zellen quergestreckt, großlumig, zartwandig, oben z. T. tot. Prok. und Rinde sehr gut ausgebildet. Im Ma. der alten Achse und an der Basis der Ma.-Erw. eine Anzahl stark verdickter Idioblasten. Die alte Rinde erweitert sich stark in der Gegend der Ma.-Erw. und umgibt die j. Achse becherförmig.

Bau der Nadel:

5. X. 14.

Vgl. Kirchhoff. S. 101.

Querschnitt: Elliptisch, flach, oben über dem Zentralz. schwach ausgebuchtet oder gerade. Ep. wellig, stark verdickt, mit engem, quadratischem Lumen. Hyp. oben über dem Zentralz. und auch unterseits; desgleichen an den Kanten einige zerstreut liegende Zellen; einreihig. An das Hyp. oberseits ein zweischichtiges Pal.-Gewebe anschließend, unterseits ein zartwandiges Schwg. Im Schwg. verstreut liegen stark verdickte große Idioblasten mit langen Fortsätzen. Unterseits vom Zentralz. ebenfalls 4—5 Pal. Zellen. 2 Ha. liegen der unteren Ep. seitlich an, sie sind von 2 Schichten verdickter Scheidenzellen umgeben. Innen ist die Ha.-Schd. von einem zartwandigen Epithel ausgekleidet. End. ziemlich großzellig, schwach verdickt, tangential gestreckt. Innerhalb liegt das nach Art der Fichten gebaute Transfg. Über dem Gefäßbdl. großzellige Sklerenchymfasern.

Anatomische Entwicklung.

22. I. 14.

Knospenlänge 8 mm, Achsenlänge 2,1 mm, Nadel 0,55 mm. Die j. Nadel differenziert in Ep., Mes. und Zentralz. Mes. noch nicht gesondert in Schwg. und Pal. Zentralz. noch einheitlich. Die j. Ha. angelegt, Lumen noch nicht vorhanden.

2. III. 14.

Knospenlänge 9,5 mm. Achsenlänge 2,55 m. Nadel 0,61 mm. J. Nadel differenziert in Ep., Mes. und Zentralz. Mes. noch nicht gesondert in Schwg. und Pal. End. angelegt. Zentralz. einheitlich.

17. IV. 14.

Knospe beginnt auszutreiben, Länge 11 mm. Nadel 6,8 mm.

Ep. unverdickt. Hyp. vorhanden, unverdickt. Die außenliegende Schicht des Pal.-Gewebes angedeutet. Mes. sonst einheitlich. HaSchd. unverdickt. Spä.-Öffn. angelegt. End. noch zart. Transfg. noch meristematisch. Parenchymstrang von der Oberseite aus in der Ausbildung begriffen. Gefäße unverdickt. Siebröhren vorhanden.

4. V. 14.

Trieblänge 1,3 cm, Nadel 1,1 cm. Ep. kaum verdickt. Hyp. unverdickt. Pal. ausgebildet, aber noch nicht gestreckt. Schwg. weiter entwickelt; Membranen gewellt. HaSchd. unverdickt. End. hat noch nicht die vollkommene Größe und ist noch zart. Transfg. beginnt sich zu differenzieren. Sklerenchymatische Elemente des Zentralz. unverdickt.

25. V. 14.

Trieblänge 7,6 cm. Nadel 2,4 cm. J. Nadel nahezu ausgewachsen. Ep. mäßig verdickt. Hyp. unverdickt. Pal.-zellen gestreckt in der Längsrichtung. Querstreckung der Zellen des Schwg. HaSchd. kaum verdickt. End.-zellen größer, aber noch zart. Transfg. stellenweise vollkommen differenziert. Die größte Zahl der Zellen noch ohne Tüpfel. Parenchymstrang breiter geworden. Sklerenchymatische Elemente des Zentralz. unverdickt.

22. VI. 14.

Trieblänge 8,1 cm. Nadel 2,6 cm. J. Nadel morphologisch ausgewachsen. Ep. und Hyp. erhebliche Zunahme der Verdickung. Pal.-Zellen weitere Streckung. Schwg. kaum verändert. End. vollkommen ausgebildet. Transfg. differenziert. Im Zentralz. geringe Verdickung der sklerenchymatischen Elemente oberseits.

30. VII. 14.

Nadel 2,6 cm. Ep. erhebliche Zunahme der Verdickung. Hyp. unverändert. Mes. unverändert. Desgleichen der Zentralz., nur die sklerenchymatischen Elemente mäßig verdickt.

5. X. 14.

Nadel 2,6 cm. Nur die sklerenchymatischen Elemente weiterhin mit Zunahme der Verdickung. Die anderen Gewebe unverändert.

Stärke:

24. VII. 14.

Knospenlänge 0,5 cm. Achsenlänge 0,07 cm.

Bau: J. Knospe eiförmig, oben spitz zulaufend. J. Achse kegelförmig, sehr kurz. Von einer Anzahl Schuppen dicht umgeben. Am Vk. unten seitlich einige kleine Höcker, wahrscheinlich Anlage der Nadeln. Vk. zugespitzt. Ma. der j. Achse sehr schmal, erweitert sich schnell; unten dreifach so breit wie oben. Prok. der j. Achse sehr schmal. Rinde schwach entwickelt. An die j. Achse anschließend eine Ma.Erw.; erweitert sich zuerst, dann nach unten hin wieder abnehmend. Im Ma. des alten Triebes und im unteren Teil der Ma.Erw. stark verdickte Idioblasten.

Stärke: Makr.: Farblos. Mikr.: Ma. der alten Achse wenig St., einige Zellen frei. Holzparenchym blau. Rinde bläulich, an dem äußeren Rande blau. Ma.Erw. wenig; etwas mehr im mitt-

leren Teile, darüber vollkommen freie Zone. Wenig im Ma. der j. Achse. Vk. etwas. Prok. frei. Rinde st.-arm. Knospenschuppen etwas an der Spitze, viel in der Mitte und frei an der Basis.

J. Nadel: Nur an der Basis sehr geringe St.-Mengen im Mesophyll.

30. IX. 14.

Knospenlänge 0,7 cm. Achsenlänge 0,174 cm. Nadel 0,042 cm. J. Knospe nahezu ausgewachsen. Ma. der j. Achse etwas schmaler. Koll. vorhanden und verdickt.

Stärke: Makr.: Schwarz. Mikr.: Ma. der alten Achse sehr viel St., blauschwarz. Innere Rinde fast schwarz, äußere etwas mehr. Ma.-Erw. blauschwarz; viel weniger im obersten Teile. Koll. frei. Ma. der j. Achse blau; nach oben hin etwas abnehmend. Rinde viel, besonders unterseits seitlich von den Nadeln, blau. Vk. st.-arm. Prok. frei.

J. Nadel: Nur an der Spitze und Basis ziemlich St.; Mitte nur St. u. Zentralz. Ep. wenig, nur oben; Mes. etwas.

2. III. 14.

Knospenlänge 0,95 cm. Achsenlänge 0,255 cm. Nadel 0,061 cm. Makr.: Farblos. Mikr.: Ma.-Erw. st.-arm. Koll. frei. Ma. der j. Achse sehr wenig. Vk. arm. Rinde violett, besonders seitlich unten von den Nadeln.

J. Nadel: Querschnitt: Ep. frei. Mes. wenig; Ansammlung um den Zentralz. Besonders viel in der j. End.

17. IV. 14.

Knospenlänge 0,11 cm. Nadel 0,68 cm. Knospe beginnt auszutreiben. Ma. der alten Achse blauschwarz. Rinde desgleichen. In der Ma.-Erw. der St.-Gehalt nach oben hin abnehmend. Koll. frei. Ma. der j. Achse äußerst wenig. Prok. frei. Rinde, in den an das Prok. grenzenden Schichten ziemlich St, violett.

J. Nadel: Länge 0,68 cm. Ep. frei. Mes. an den Flanken st.-arm, etwas St. seitlich vom Zentralz. HaSchd. und Epithel frei. End. violett. Zentralz. frei.

11. V. 14.

Trieblänge 3,8 cm. Nadel 1,5 cm. Makr.: Blau. Mikr.: Ep. etwas St., Hyp. weniger. Pal. und Schwg. blau. Äußere HaSchd. blau; St.-Gehalt nach der Ep. zu abnehmend; innere weniger. Epithel frei. Schließzellen violett. End. schwarzblau. Transfg. in einigen Zellen ebenfalls schwarzblau, eine große Zahl von Zellen frei. Innerer Zentralz. frei.

25. V. 14.

Trieblänge 7,6 cm. Nadel 2,4 cm. Bedeutende St.-Abnahme. Makr.: Grau. Mikr.: Ep. ziemlich St. Hyp. weniger. Pal. und Schwg. mäßig St.; Schwg. unterseits etwas mehr. Äußere HaSchd. viel, nach der Ep. zu abnehmend; innere wenig. Epithel

frei, etwas ober- und unterseits. Transfg. in einigen Zellen blauschwarz, eine große Zahl von Zellen frei. Innerer Zentralz. frei.

22. VI. 14.

Trieblänge 8,1 cm. Nadel 2,6 cm. Erhebliche St.-Zunahme. Makr.: Schwarz. Mikr.: Ep. etwas St. Desgleichen das Hyp. Pal.-Zellen blauschwarz. Schwg. etwas weniger. Äußere HaSchd. viel; innere weniger. Epithel frei. Schließzellen blauschwarz. End. viel an den Außenwänden. Transfg. in einzelnen Zellen blauschwarz, eine große Zahl von Zellen frei. Innerer Zentralzylinder frei.

13. VII 14.

Nadel 2,6 cm. Erhebliche St.-Abnahme. Makr.: Farblos. Mikr.: Ep. und Hyp. frei. Flanken an der Nadel ziemlich St. Schwg. an der unteren Ep. und um die Ha viel. Äußere HaSchd. viel, nach der unteren Ep. zu abnehmend; innere bedeutend weniger. Epithel frei. Schließzellen wenig. End. ziemlich grobkörnige St. an den Außenwänden der Zellen. Transfg. in einigen Zellen blauschwarz, die größte Zahl der Zellen frei. Innerer Zentralz. frei.

Von Kirchhoff wurden Knospe und junge Nadel orientierenderweise behandelt am 16. XI. 1911 und von Anfang März bis Mitte Juli 1912. Eingehendere Untersuchungen über die junge Nadel stellte er vom August bis Dezember 1911 an. Die nachstehenden Angaben sind seiner Dissertation S. 108—111 entnommen.

Eingehendere Untersuchungen. 7. VIII. 11.

„Nadel 3 cm. Mes. frei bis auf Spuren in vereinzelt Zellen über den Spaltöffnungen oder unterhalb des Zentralz. End. teils mittelviel, blaßblau, teils weniger oder frei. Transfg. in einzelnen Zellen geringe körnige Mengen oder weniger.

13. X. 11.

Nadel 2,8 cm. Mes. frei. Ha.-Schd. vereinzelt Spuren. End. Spuren in einzelnen Zellen. Transfg. desgleichen seitlich oben. Bdl. etwas im seitlichen Kambium und in den Strahlen des Holzteils.

1. XI. 11.

Nadel 3,2 cm. Frei bis auf einzelne Zellen an der Grenze von Holz- und Siebteil mit schwachblauer St. Desgleichen im mittleren Holzteil.

9. XII. 11.

Nadel 3 cm. Mes. frei. Schließzellen meist frei, Spuren vereinzelt. End. meist Spuren; einige Zellen mehr bis mäßig viel. Transfg. in vereinzelt Zellen geringe Mengen. Desgleichen an der Grenze von Holz- und Siebteil seitlich. Spuren im mittleren Ma.-Strahl.

Orientierende Untersuchungen. 16. XI. 11.

Makr.: Graublau, z. T. dunkelblau. Mikr.: Achse der Knospe mittel bis ziemlich viel, ziemlich feinkörnig. Koll. frei. Ma.-Kuppe

unterhalb dieser meist viel; Körner mittelgroß, dunkelblau. Basis der Knospenschuppen ziemlich viel, nach oben wenig. Blattanlagen meist frei oder arm, etwas an der Spitze und Basis.

4. III. 12.

Mehr als im November 1911. Makr.: Knospe vergrößert. Achse der Knospe schwarzblau, sonst graublau. Mikr.: Achse der Knospe sehr viel, besonders an der Spitze, feinkörnig. Koll. frei. Ma.-Kuppe unterhalb dieser ziemlich viel, blau-violett. Protoderm wenig. Knospenschuppen an der Basis viel, sonst tot. Blattanlagen mindestens 3—4 äußere Schichten frei, nach innen, um den Zentralz. mäßig bis mittel viel, schwarzblau, an der Spitze etwas mehr.

17. IV. 12.

Knospe eben im Öffnen. St.-Maximum. Makr.: Achse des j. Triebes stark verlängert, dunkel-graublau; j. Nadel graublau. Nadellänge ca. 0,5 cm. Sehr zart. Mikr.: Mes. peripher st.-arm oder frei, um Zentralz. parallel zum Rande mittel bis ziemlich viel, ziemlich grobkörnig. End. und Transfg. sehr zart. Zentralz. frei.

10. V. 12.

Trieblänge ca. 2 cm. Nadel ca. 2 cm. Zart. Hellgrün. Makr.: Blau. Mikr.: Ep. schon etwas verdickt, frei. Hyp. sehr zart. Mes. mittelviel, grobkörnig, blau-violett, peripher oben etwas feinkörniger und weniger. Ha.-Schd. meist frei, einige Zellen mäßig bis mittelviel, zart. Epithel zart, frei. End. ziemlich viel, grobkörnig, blau-violett. Transfg. meist mäßig bis mittelviel.

17. V. 12.

Trieblänge 5,5 cm. Nadel 2,4 cm. Makr.: Graublau. Mikr.: Ep. etwas verdickt, etwas St. Hyp. wenige Körner, zart Mes. mäßig viel, weniger als am 10. V., ziemlich grobkörnig. Idioblasten noch nicht verdickt. Schließzellen schwachblauviolett. Ha.-Schd. mäßig viel. Epithel Spuren. End. ziemlich viel bis mittelviel, grobkörnig, blau. Transfg. meist mäßig bis mittel viel.

3. VI. 12.

Trieblänge 7,5 cm. Nadel 2,8 cm. Makr.: Blau, mehr als am 17. V. Mikr.: Ep. ziemlich verdickt, ziemlich viel, blau Hyp. etwas verdickt, meist frei, häufig etwas. Mes. ziemlich viel, mehr als am 17. V., ziemlich grobkörnig, peripher oben feinkörniger. Idioblasten: Verdickung hat begonnen. Ha.-Schd. meist mäßig viel; einige Zellen mehr, andere weniger. Epithel meist ziemlich wenig, oder wenig oder frei. End. ziemlich fertig, meist ziemlich wenig, einige Zellen wenig oder Spuren, ziemlich grobkörnig. Transfg. ziemlich fertig, meist mäßig viel, einige Zellen mehr.

13. VI. 12.

Trieblänge 7,5 cm. Nadel 3,1 cm. Hellgrün. Verdickung der Idioblasten noch nicht halb fertig. Makr.: Graublau, unterseits etwas mehr. Mikr.: Erheblich weniger als am 3 VI. Mes. oberseits Spuren bis wenig, nach unten fortschreitend mehr, meist mäßig bis mittel viel. Ha.-Schd. meist etwas oder mehr. Epithel

z. T. wenig, z. T. recht viel. End. meist frei, Spuren in einigen Zellen. Transfg. meist mäßig bis mittelviel, ziemlich grobkörnig, einige Zellen frei. Bdl. frei.“

Gerbstoff.

22. I. 14.

Ma.Erw. gelbbraun, tropfenartige Ausfällung in den meisten Zellen; einzelne wenige Zellen und Zellreihen frei; die gerbstoffhaltigen Zellen im obersten Teil unter dem Koll. geringer Koll. rotbraun; einzelne Zellen frei. Ma. der j. Achse unten und oben schwarzbraun, Mitte heller; einzelne Zellreihen des Ma. der j. Achse gerbstofffrei, an der Spitze einige freie Zellen. Vk. und Prok. gerbstofffrei. In der Rinde zerstreut liegende oder gruppenweise angeordnete gelb- bis rotbraune Zellen.

J. Nadel. Querschnitt: Ep. gelblich. Mes. braun, besonders um Zentralz. Zentralz. gerbstofffrei. Desgleichen die Ha.-Zellen. Längsschnitt: Die obere Nadel erheblich heller. In der Längsansicht der einzelnen Nadeln keine auffallenden Unterschiede.

30. VII. 14.

Ma. der a. Achse braun, tröpfchenartige Ausfällung. Ma.-Erw. gelb, in langgestreckten Gruppen angeordnete Zellen; andere entsprechende Gruppen, $\frac{1}{2}$ bis $\frac{1}{3}$, farblos; tröpfchenartige Ausfällung; nach der Spitze hin abnehmend. Ma. der j. Achse dunkelbraun; an der Spitze eine Anzahl Zellen gerbstofffrei. Vk. und Prok. frei. Rinde in einzelnen Zellgruppen und einigen einzelnen Zellen dunkelbraun.

J. Nadel: Einige Ep.-Zellen gelbbraun.

17. IV. 14.

Nadel 0,68 cm. Ep. oberseits gelbbraun, unterseits etwas dunkler; die späteren äußeren Atemhöhlen heller. Pal. dunkelbraun. Schwg. braun, Ha.-Schd. dunkelbraun. Epithel gelblich. End. gerbstofffrei, noch plasmareich. Transfg. gelblich, noch meristematisch. Parenchymstrang dunkelbraun. Bdl. gerbstofffrei.

4. V. 14.

Nadel 1,1 cm. Ep. oberseits gelblich, unterseits in den an die Schließzellen grenzenden Zellen dunkelbraun. Hyp. ziemlich Gerbstoff. Pal. gelbbraun. Schwg. heller; unterseits in der Nähe der Atemhöhle einige Zellen braun. Ha.-Schd. dunkelbraun. Epithel rotbraun. Schließzellen gelblich. End. gerbstofffrei, viel St. Transfg. dunkelbraun, eine große Zahl von Zellen gerbstofffrei. Sklerenchymatische Elemente gelblich. Parenchymstrang bräunlich.

25. V. 14.

Hyp. hat mit der Verdickung begonnen. Gerbstoffabnahme. Ep. oberseits braun, unterseits in den an die Schließzellen grenzenden Zellen dunkelbraun. Pal. bräunlich. Schwg. wenig Gerbstoff, tröpfchenartige Ausfällung. Ha.-Schd. dunkelbraun. Epithel viel heller. End. gerbstofffrei. Transfg. in einigen Zellen braun, über die Hälfte der Zellen gerbstofffrei. Parenchymstrang braun. Innerer Zentralz. gerbstofffrei.

22. VI. 14.

Erhebliche Gerbstoffzunahme. Ep. oberseits rotbraun, unterseits dunkelbraun. Hyp. gelbbraun oberseits, unterseits etwas dunkler. Pal. gelb. Schwg. gelblich. Ha.-Schd. dunkelbraun. Epithel gelblich. End. gerbstofffrei. Transfg. dunkelbraun; eine Zahl von Zellen frei. Parenchymstrang dunkelbraun. Sklerenchymatische Elemente gelblich.

30. VII. 14.

Noch etwas mehr Gerbstoff. Ep. rotbraun oberseits, dunkelbraun unterseits. Hyp. rotbraun oberseits, unterseits etwas dunkler. Pal. rotgelb. Schwg. gelbe, tröpfchenartige Ausfällung; dunkelbraun in der an die Ep. grenzenden Schicht. Ha.-Schd. dunkelbraun. Epithel gelbbraun. End. gerbstofffrei. Transfg. dunkelbraun; eine große Zahl von Zellen gerbstofffrei. Parenchymstrang dunkelbraun. Sklerenchymatische Elemente gelbbraun. Bdl. gerbstofffrei. Ma.-Strahlen braun.

5. X. 14.

Weitere erhebliche Gerbstoffzunahme. Ep. oberseits braun, unterseits schwarzbraun. Hyp. gelbbraun. Pal. rotgelb. Schwg. gelbe körnige Ausfällung; in der an die Unterseite des Ep. grenzenden Schicht schwarzbraun. Ha.-Schd. schwarzbraun. Epithel gelblich. End. gerbstofffrei. Transfg. in der Hälfte der Zellen schwarzbraun, die andere Hälfte gerbstofffrei. Sklerenchymatische Elemente schwarzbraun. Bdl. gerbstofffrei. Parenchymstrang schwarzbraun. Ma.-Strahlen zum größten Teil gerbstofffrei, in einigen Zellen gelbbraune körnige Ausfällung.

2 XII. 14.

Weitere Gerbstoffzunahme. Ep. schwarzbraun, Hyp. desgleichen, Pal. dunkelbraun. Schwg. etwas heller, dunkel um den Zentralz., tröpfchenartige Ausfällung; in der an die Unterseite der Ep. grenzenden Schicht schwarzbraun. Ha.-Schd. schwarzbraun. Epithel gelbbraun. End. gerbstofffrei. Transfg. in der größten Zahl der Zellen schwarzbraun, die andere gerbstofffrei. Sklerenchymatische Elemente schwarzbraun. Bdl. gerbstofffrei. Parenchymstrang schwarzbraun. Ma.-Strahlen teilweise braune, körnige Ausfällung.

Von Kirchhoff wurden Untersuchungen über die j. Nadeln im August und Januar angestellt. Die nachstehenden Angaben sind seiner Dissertation S. 111—112 entnommen.

7. VIII. 11.

„Ep., Hyp und Ha.-Schd. dunkel- bis schwarzbraun. Epithelzellen gelblichbraun. Mes. schwärzlich braun, körnig. End. hell bis hellbraun. Transfg. teils schwärzlich-braun, teils frei. Fasern desgleichen. Bdl.: Strahlen des Siebteils gelblich. Holzparenchym meist frei, selten schwärzlichbraun. Mittlerer Ma.-Strahl teils dunkelbraun teils braun.

18. I. 12.

Dunkler als am 7. VIII. Ep. und Hyp. schwarzbraun, Mes. dunkelbraun bis schwarzbraun, einige Zellen gelblich oder rot-

braun. Ha.-Schd. schwarzbraun, Epithel rötlich-braun. End. braun, ein Teil der Zellen hell. Transfg. dunkelbraun, einige Zellen schwarzbraun, einige Zellen frei. Bdl.: Strahlen des Siebteils gelblich, einzelne Zellen dunkelbraun. Sklerenchymfasern unterhalb des Siebteils bisweilen schwarzbraun.“

Zusammenfassung.

Anatomische Entwicklung.

Im Juli sind die jungen Nadeln in sehr geringer Zahl in der Knospe eben angelegt. Im September hat sich ihre Zahl bedeutend vergrößert, aber auch jetzt sind noch nicht alle vorhanden. Die ältesten sind schon annähernd 0,5 mm lang. Bis zum Januar ist ihr Längenzuwachs sehr minimal. Die junge Nadel ist in dieser Zeit schon in Epidermis, Mesophyll und Zentralzylinder gesondert. Die Harzkanäle sind angelegt, aber ihr Lumen ist noch durch die Epithelzellen ausgefüllt. Die Nadellänge nimmt im Februar und März sehr langsam zu. Im Anfange März ist auch die Endodermis schon angelegt. Im April und Mai zeigt sich eine sehr bedeutende Zunahme der Länge, Mitte April ist sie schon nahezu 7 mm. Gleichzeitig zeigt die junge Nadel eine weitgehende Differenzierung in Epidermis und Hypoderm. Die außenliegende Schicht des Palisadengewebes ist angedeutet. Sonst ist das Mesophyll noch einheitlich. Die Spaltöffnungen sind angelegt. Das Transfusionsgewebe ist vorhanden, aber noch meristematisch. Der Parenchymstrang zwischen den Bündeln ist kenntlich. In der zweiten Hälfte des April treibt die Knospe aus. Die junge Nadel ist noch chlorophyllarm. Im Anfang Mai ist auch das Palisadengewebe vollkommen erkennbar. Die einzelnen Zellen sind aber noch ungestreckt. Von dieser Zeit ab beginnen die Palisaden mit ihrer Längs- und die Schwammzellen mit ihrer Querstreckung. Ende des Monats ist die junge Nadel im Querschnitt im wesentlichen ausgewachsen, auch die Längsstreckung ist fast erledigt. Verdickt ist nur die Epidermis. Mitte Juni, nach Beendigung der Streckungsperiode, setzt die Verdickung ein. Ende Juni ist die junge Nadel morphologisch ausgewachsen. Gleichzeitig ist das Hypoderm mit seiner Verdickung zu Ende. Im Juli findet nur noch die Verdickung der Epidermis und der sklerenchymatischen Elemente statt. Letztere hält auch während der Herbstmonate und späterhin noch an.

Stärke.

Im Juli, wo die junge Nadel eben angelegt ist, findet sich nur an der Basis Stärke und zwar nur in geringer Menge im Mesophyll. Im September sind Spitze und Basis der jungen Nadel durch Stärkegehalt ausgezeichnet. In den mittleren Partien finden sich nur geringe Stärkemengen und zwar um den Zentralzylinder. Im Anfang März ist die Epidermis frei. Das Mesophyll enthält wenig. Die Partien um den Zentralzylinder sind auch noch durch ihren Stärkegehalt ausgezeichnet. Ziemlich Stärke enthält die

Endodermis. Die Zunahme im März und April ist sehr gering. Im Anfang Mai wird das Maximum erreicht. Wir können es als Maximum des Austriebs kennzeichnen, da es kurz nach dem Austrieb der Knospe stattfindet. Zu dieser Zeit sind das Mesophyll und die äußere Harzkanalscheide blau. Ausgezeichnet durch ihren Stärkegehalt sind die Endodermis und einige Zellen des Transfusionsgewebes. In der Zeit der Streckungsperiode folgt dann eine sehr bedeutende Abnahme. Das Streckungsminimum fällt Ende Mai. Von da an setzt eine erneute, schnelle Stärkezunahme ein. Die Stärkekurve erreicht ihr Hauptmaximum Ende Juni. Stärkereich sind zu dieser Zeit das Palisadengewebe (blauschwarz), das Schwammgewebe, die Endodermis und einzelne Zellen des Transfusionsgewebes (blauschwarz). Von dieser Zeit an fällt die Kurve sehr schnell. Im September finden sich nur an der Grenze von Holz- und Siebteil einzelne schwachblaue Zellen, desgleichen im mittleren Holzteil. Ein vollkommener Stärkeschwund wird nicht erzielt. „Eine Neubildung der Stärke während des milden Dezembers 1911 wurde durch den bald darauf einsetzenden Frost (Januar 1912) unterdrückt“.

Von August ab sind die Angaben den angeführten Untersuchungen Kirchhoffs entnommen.

Gerbstoff.

Bei diesem Objekt finden sich schon im Juli einige braune Zellen in der Epidermis der jungen Nadel. Die Gerbstoffzunahme bis Januar ist sehr bedeutend. Ausgezeichnet ist in diesem Monat durch seinen Gerbstoffgehalt das Mesophyll und zwar besonders um den Zentralzylinder. In der Längsansicht der jungen Nadel zeigen sich keine auffallenden Unterschiede. Die Gerbstoffzunahme hält weiterhin an. Im April macht sich ein Unterschied zwischen Ober- und Unterseite der Epidermis bemerkbar, der sich im weiteren Verlauf auf die unterseitigen, an die Schließzellen grenzenden Zellen beschränkt. Sie sind durch ihren Gerbstoffgehalt ausgezeichnet. Gleichzeitig ist das Palisadengewebe während der ganzen Untersuchungen dunkler gefärbt wie das Schwammgewebe. Gerbstofffrei bleiben nur die Endodermis und der Zentralzylinder. Im Anfang Mai erreicht die Nadel das Austriebmaximum. Von da ab setzt eine Gerbstoffabnahme ein, die sich besonders im Schwammgewebe bemerkbar macht. Im Juni, nach Beendigung der Streckungsperiode, erfolgt eine bedeutende Gerbstoffzunahme, die von Ende Juni ab langsam und stetig fortschreitet. Sie ist bis zum Dezember zu verfolgen.

Wie Kirchhoff festgestellt hat, nehmen die jungen Nadeln mit dem Winter an Gerbstoff zu. Gleichzeitig zeigte sich in seinen Untersuchungen eine weitere Zunahme mit dem Alter der Nadel, sodaß die zweijährige Nadel mehr Gerbstoff enthält als die einjährige.

Larix europaea.

Das Material wurde einem stattlichen, 9—10 m hohen Exemplar des Botanischen Gartens entnommen.

Bau der Knospe: Vgl. „Lebensgeschichte der Blütenpflanzen“. I. S. 165.

Die am Gipfel der Langtriebe stehenden stumpf, eiförmig. Äußere Schuppen hellbraun, glänzend. Die untersten meist zugespitzt. Die innersten dünnhäutig, oft stielartig schmal am Grunde. Die Außenwände der Unterseite der Ep. stark verdickt, meist sklerotisiert. Bei den äußeren Knospenschuppen die dünnwandigen, subepidermalen Schichten verkorkt. Beim Austreiben der Knospe Umschlagen der Schuppen nach außen und Beendigung des Wachstums. Die alte Rinde umgibt die j. Achse becherförmig. Letztere zylindrisch, oben abgerundet. Vegetationskegel spitz zulaufend. Ma. der j. Achse 15 bis 17 Schichten breit. Nach unten sich verbreiternd. Verbreiterung fortgesetzt in dem sechsschichtigen Koll. Daran sich anschließend eine im oberen Teil sich weiter verbreiternde Ma.-Erw.; nach der Basis zu wieder Abnahme auf annähernd die Hälfte. Zellen großlumig, zartwandig. Prok. und Rindenzone gut ausgebildet. Nadel auf der Oberseite flach, an der Spitze etwas mehr nach oben gekrümmt; unterseits gewölbt.

Bau der Nadel:

15. X. 14.

Querschnitt: Nadel oberseits flach, unterseits gewölbter Kiel. Ep. mäßig verdickt. Desgleichen das verholzte Hyp.: nur an den Längskanten und in der Mittellinie vorhanden. Andeutung von Pal. Größter Teil des Mes.Schw. Spöffn. beiderseits in Längsreihen angeordnet; oberseits auf jeder Seite der Mittellinie eine, unterseits je 2—3. Äußere Atemhöhle durch Wachsausscheidungen ausgefüllt. An den Längskanten je ein Harzkanal; umgeben von einer sklerenchymatischen Ha.-Schd., ausgekleidet von einem zartwandigen Epithel. End. gebildet von großen, tangentialgestreckten, kaum verdickten Zellen. Transfg.: wenige Zellen stark, angrenzend an den Bastteil. Ein Bdl. Holzteil nach oben liegend. Sklerenchymatische Elemente ober- und unterseits. Innerer Zentralz. umgeben vom Perik.

Anatomische Entwicklung.

22. I. 14.

Knospenlänge 3 mm. Achsenlänge 1,05 mm. Nadel 0,27 mm. J. Nadel differenziert in End., Mes. und Zentralz. Letzterer durch gestreckte Zellen im Längsschnitt erkennbar. Zellen der j. Nadel plasmareich.

17. IV. 14.

Länge der Kurztrieb-nadel 1,5 mm. Knospe hat ausgetrieben. J. Nadel differenziert, in Ep., Mes., End. und Zentralz. Letzterer auf dem Querschnitt durch geringere Zellgröße zu erkennen.

4. V. 14.

Länge der Kurztrieb-nadel 2,7 cm. Ep. schon mäßig verdickt. Hyp. vorhanden, ebenfalls etwas verdickt. Das Schw. von den Pal. durch Querstreckung der Zellen gut zu unterscheiden. End. ausgebildet. Perik. vorhanden, aber noch nicht geschlossen.

Transfg. differenziert. Gefäßteil erkennbar, etwas verdickt. Sklerenchymatische Elemente vorhanden, besonders unterseits gut ausgebildet, kaum verdickt.

25. V. 14.

Trieblänge 11,2 cm. Kurztriebnaedel 4,3 cm, Langtriebnaedel 1,6 cm. Querschnitt im wesentlichen ausgewachsen. Geringe Zunahme der Verdickung der Ep. Etwas mehr beim Hyp. Streckung der Pal.-zellen hält an. Sp.-öffn. ausgebildet. Ha-Schd. vorhanden, unverdickt. Epithel ausgebildet. Desgleichen die End. Perik. ansgewachsen. Sklerenchymatische Elemente unterseits besondere Zunahme der Verdickung. Bdl. prägnanter differenziert.

22. VI. 14.

Trieblänge 12,1 cm. Kurztriebnaedel 4,3 cm, Langtriebnaedel 1,8 cm. Kurztriebnaedel morphologisch wie anatomisch ausgewachsen. Ep. bedeutend verdickt. Hyp. stark verdickt. Pal. und Schwg. fertig. Desgleichen End., Sp.-öffn. und Transfg. Ha-Schd. und die sklerenchymatischen Elemente des Zentralz. starke Zunahme der Verdickung.

Stärke.

24. VII. 14.

Knospenlänge 3 mm. Achsenlänge 0.47 mm. Bau: J. Knospe breit, oben abgerundet. Von einer großen Zahl von Schuppen umgeben. J. Achse sehr kurz, kegelförmig, nach unten stark verbreitert. Ma.-Erw. verbreitert sich ebenfalls noch etwas; nach unten langsam abnehmend. Prok. der j. Achse sehr schmal. Rinde sehr schwach entwickelt. Vk. zugespitzt. Am Vk. seitlich unten einige kleine Höcker; Anlage der Langtriebnaedel.

Stärke: Makr.: Graublau. Mikr.: Ma. des alten Triebes sehr viel. Rinde etwas mehr. St.-haltige Zellen der Ma.-Erw. bis zur breitesten Stelle zunehmend; der untere Teil der Ma.-Erw. schwarz, der obere violett. Das Ma. der j. Achse enthält an der Basis wenig, der obere Teil frei. Desgleichen der Vk., das Prok. und die junge Rinde. Knospenschuppen in der Ep. etwas St. Rinde neben der Knospe sehr viel. Kurztriebnaedel: Ziemlich St. in der Ep.

30. IX. 14.

Knospenlänge 3 mm. Achsenlänge 0,68 mm. Nadel 0,22 mm. J. Knospe nahezu ausgewachsen. Ma. der j. Achse in den oberen Teilen schmaler. Koll. vorhanden. Makr.: Schwarz. Mikr.: Ma. der alten Achse sehr viel. Ma.-Erw. mit St. angefüllt; nach der Basis hin abnehmend. Koll. frei. Ma. der j. Achse mäßig St.; nach oben hin abnehmend. Prok. und Vk. frei. Rinde sehr wenig. Kurztriebnaedel viel St. an der Spitze. Bei den älteren Langtriebnaedeln nur an der Spitze St., die jüngeren frei. Querschnitt: Nur um den Zentralz. st.-führende Schicht.

3. III. 14.

Die j. Achse vollkommen st.-frei. Kurztriebnaedel: Fast schwarz, besonders an der Spitze. In den mittleren Partien Ansammlung um den Zentralz. Die jüngeren Langtriebnaedeln an der Spitze

nur etwas, in der Ep., 2 st.-führende Zellschichten um den Zentralz. und einzelne Zellen seitlich nach den Flanken zu.

17. IV. 14.

Länge der Kurztriebnaedel 1,5 mm. Die j. Achse vollkommen st.-frei. Desgleichen die j. Nadel.

11. V. 14.

Trieblänge 4,2 cm. Kurztriebnaedel 2,8 cm, Langtriebnaedel 1 cm. Erhebliche Zunahme. Ep und Hyp. frei Pal. blauschwarz, etwas mehr wie im Schwg. Schließzellen etwas. End. sehr wenig. Epithel und Ha.-Schd. frei. Perik. erhebliche St. Transfg. frei Innerer Zentralz. desgleichen.

18. V. 14.

Trieblänge 5,9 cm. Kurztriebnaedel 3,2 cm, Langtriebnaedel 1,2 cm. Erhebliche St.-Abnahme. Ep. und Hyp. frei. Pal. viel. Schwg. etwas Schließzellen viel. Ha.-Schd. und Epithel frei. End. wenig, grobkörnige St. Perik. ziemlich viel.

2. VI. 14.

Kurztriebnaedel 4,3 cm, Langtriebnaedel 1,7 cm St.-Zunahme. Makr.: Schwarz. Mikr.: Ep. und Hyp. frei. Pal. sehr viel. Schwg. weniger; Flanken der Nadel schwarzblau. Schließzellen sehr viel. Ha.-Schd. und Epithel frei. End. etwas. Perik. schwarzblau. Transfg. blau. Innerer Zentralz. frei.

22. VI. 14.

Kurztriebnaedel 4,3 cm, Langtriebnaedel 1,8 cm. Geringe Abnahme der St. Makr.: Blauschwarz. Mikr.: Ep. und Hyp. frei. Pal. und Schwg. blau, weniger als am 2. VI. 14; an den Flanken dunkler. Schließzellen schwarzblau. Ha.-Schd. und Epithel frei. End. viel. Perik. schwarzblau, aber weniger als am 2. VI. 14. Transfg. viel.

13. VII. 14.

Makr.: An den Flanken schwarzblau. Ep. und Hyp. frei. Pal. viel. Schwg. weniger; sehr viel an den Flanken der Nadel. End. fast frei. Perik. weniger als am 22. VI. 14. Transfg. st.-arm. Innerer Zentralz. frei.

30. IX. 14.

Nadel noch grün. Fast frei. Wenige Zellen des Mes. einzelne St.-Körner. Schließzellen schwarz.

15. X. 14.

Nadel gelblich. Siebteil violett. Schließzellen schwarzblau. Die anderen Gewebe frei.

Gerbstoff.

24. VII. 14.

Bedeutender Gerbstoffgehalt. Das Ma. des alten Triebes sehr viel Gerbstoff, gelbbraun; einzelne Zellen dunkler; in Reihen angeordnet; ein Teil der Zellen frei. Rinde schwarzbraun; ein Teil der Zellen gerbstofffrei; ebenfalls Anordnung in Reihen. Ma.-Erw. im unteren Teile braunschwarz; gruppenweise und quer angeordnet; oberer axillärer Teil der Ma.-Erw. gelbliche, tröpfchenartige

Ausfällung; peripherer Teil größtenteils gerbstofffrei; einzelne Zellen gelbbraune Tröpfchen; gruppenweise angeordnet und einzeln. Koll. vorhanden, aber noch unverdickt. Zu unterscheiden vom Ma. der j. Achse durch die mehr kubische Gestalt der Zellen und von der Ma.-Erw. durch geringe Größe der Zellen. Gerbstoff quer angeordnet. Mitte gerbstofffrei; peripherer Teil gelbbraun. Ma. der j. Achse rotbraune, flache Zellen; einzelne Zellreihen dunkelbraun; an der Basis eine Anzahl gerbstofffreier Zellen; an der Spitze Zahl bedeutend geringer. Vk. und Prok. gerbstofffrei. Nur unten einzelne Zellen gerbstoffhaltig in der Rinde. Knospenschuppen dunkelbraune Ep., Parenchym gerbstofffrei.

Kurztriebnnadel: Gerbstoff in den Randpartien des Mes. gelbbraun. End. gelblich. Ep. und Zentralz. gerbstofffrei. Sämtliche Langtriebnnadeln gerbstofffrei.

30. VII. 14.

Geringe Gerbstoffmenge. Tröpfchenförmige Ausfällung im alten Ma. und dem unteren Teil der Ma.-Erw.; zwei und mehr Tropfen in jeder Zelle, dunkelbraun. Reihenweise Anordnung. Eine große Zahl von Zellen gerbstofffrei, besonders peripher. Ma. der j. Achse gelb bis dunkelbraun; in Längsreihen angeordnet; einzelne Zellreihen gerbstofffrei. Ep. der Knospenschuppen schwarzbraun, Parenchym gerbstofffrei.

Kurztriebnnadel: Ep. fast gerbstofffrei, nur an der Spitze gelblich. Mes. gelbbraun, etwas dunkler an den Flanken der Nadel. Der Zentralz. gerbstofffrei. Die Langtriebnnadeln gerbstofffrei.

22. I. 14.

Koll. stark verdickt, gelbbraun, einzelne Zellen gerbstofffrei. Die größte Zahl der Zellreihen des Ma. der j. Achse gelblich; einige Zellreihen dunkelbraun; an der Basis viele Zellen gerbstofffrei; nach oben hin die Zahl der gerbstofffreien Zellen geringer. Vk. und Prok. gerbstofffrei. Rinde in einzelnen Zellen gelblich im unteren Teile.

Kurztriebnnadel: Im Mes. gelbbraun, besonders am Rande. Langtriebnnadel: Gerbstoffgehalt mit dem Alter der Nadel zunehmend. Ep. und Zentralz. gerbstofffrei. Mes. viel Gerbstoff, gelbbraun.

17. IV, 14.

Knospe hat ausgetrieben. J. Nadel geringe Gerbstoffabnahme. Ep., End. und Zentralz. gerbstofffrei. Mes. gelbgrau.

4. V, 14.

Ep. gelbgrün, gelbbraun ober- und unterseits vom Zentralz. Hyp. etwas dunkler. Pal. dunkelbraun, besonders an den Flanken. Schwg. gelbbraun. End. gerbstofffrei. Perik. gelblich. Transfg. und Bdl. gerbstofffrei. Sklerenchymatische Elemente gelblich.

25. V. 14.

Ep. dunkelbraun. Desgleichen das Hyp. Pal. rotbraun, Schwg. etwas heller. Schließzellen gerbstofffrei. Ha,-Schd. dunkelbraun. Epithel etwas heller. End. gerbstofffrei, Perik. gelbbraun ober- und unterseits, seitlich dunkelbraun. Transfusionsgewebe gerbstofffrei. Sklerenchymatische Elemente rotbraun. Bdl. gerbstofffrei.

22. VI. 14.

Erhebliche Gerbstoffzunahme. Ep. dunkelbraun. Hyp. schwarzbraun. Pal. rotbraun. Schwg. gelbbraun, besondere Ansammlung an den Flanken der Nadel. Ha.-Schd. und Epithel dunkel- bis schwarzbraun. End. gerbstofffrei. Perik. rotbraun. Transfg. gerbstofffrei. Sklerenchymatische Elemente dunkelbraun. Bdl. gerbstofffrei.

30. VII. 14.

Sehr geringe Gerbstoffzunahme. Ep. gelbbraun. Hyp. schwarzbraun. Pal. rotbraun, einige Zellen schwarzbraun, besonders an den Flanken. Schwg. gelbbraun. Ha.-Schd. schwarzbraun. Epithel gelbbraun. End. gerbstofffrei. Perik. schwarzbraun. Transfg. gerbstofffrei. Sklerenchymatische Elemente schwarzbraun. Bdl. gerbstofffrei.

30. IX. 14.

Bedeutende Gerbstoffzunahme. Ep. gelbbraun. Hyp. dunkelbraun. Pal. schwarzbraun, an den Flanken der Nadel dunkler. Schwg. gelbbraun. Ha.-Schd. schwarzbraun. Epithel dunkelbraun. Perik. schwarzbraun. Transfg. gerbstofffrei. Sklerenchymatische Elemente gelb bis dunkelbraun. Bdl. gerbstofffrei.

15. X. 14.

Bedeutende Gerbstoffzunahme. Ep. gelbbraun. Hyp. dunkelbraun. Pal. schwarzbraun, besonders ober- und unterseits des Zentralz. und an den Flanken der Nadel. Schwg. dunkelbraun. Ha.-Schd. schwarzbraun. Epithel dunkelbraun. End. gerbstofffrei. Perik. dunkelbraun. Transfg. gerbstofffrei. Sklerenchymatische Elemente schwarzbraun, einige Zellen gelbbraun. Bdl. gerbstofffrei.

Zusammenfassung.

Anatomische Entwicklung.

Die Nadeln werden bei diesem Objekt sehr früh angelegt, besonders die Kurztrieb-nadeln. Im Juli sind schon eine große Anzahl von den letzteren vorhanden. Die Langtrieb-nadeln sind nur eben angedeutet. Ende September sind schon sämtliche Kurztrieb-nadeln vorhanden. Auch die Zahl der Langtrieb-nadeln hat sich bedeutend vergrößert. Die Langtrieb-nadeln an den unteren Partien der Achse haben im Januar schon eine Länge von 0,3 mm erreicht. Sie sind differenziert in Epidermis, Mesophyll und Zentralzylinder. Von da ab nimmt die Länge der Nadeln ziemlich schnell zu. Beim Austrieb, der Mitte April erfolgt, erscheint zunächst das den Langtrieb umgebende Büschel von Kurztrieb-nadeln. Sie haben eine Länge von 1,5 mm erreicht. Die junge Nadel ist noch chlorophyllarm. Zum erstenmal wird die Endodermis kenntlich. Im Mai erfolgt dann ein sehr schneller Längenzuwachs. Ende Mai ist die Kurztrieb-nadel morphologisch ausgewachsen. Zu dieser Zeit hat die Langtrieb-nadel auch schon eine Länge von 1,6 cm erreicht und ist damit morphologisch ebenfalls nahezu ausgewachsen. Eine geringe Verdickung ist eingetreten, was auf das Ende der Streckungsperiode hinweist. In der

zweiten Hälfte des Juni sind sämtliche Gewebe fertig ausgebildet. Die frühe Ausbildung und Fertigstellung der Gewebe hängt mit der Einjährigkeit der Nadeln zusammen.

Stärke.

Im Juli sind die eben angelegten Langtrieb-nadeln stärkefrei. Im September zeigen die älteren Langtrieb-nadeln nur an der Spitze Stärke. Im Querschnitt zeigt sich auch bei diesem Objekt die Ansammlung um den Zentralzylinder und zwar hier in Form einer stärkeführenden Schicht. Diese findet sich ebenfalls im März vor, nur ist sie hier zweischichtig, Mitte April hat die Kurztrieb-nadel schon ihr Streckungsminimum erreicht. Noch im Mai erfolgt in Langtrieb-nadeln eine Zunahme der Stärkemenge. In der ersten Hälfte des Mai wird das Austriebmaximum von ihr erreicht. Von dieser Zeit an bleiben die Epidermis, das Hypoderm, die Harzkanalscheide und das Epithel während der ganzen Untersuchungen stärkefrei. Das Palisadengewebe ist blauschwarz. Etwas weniger enthält das Schwammgewebe. Frei ist zu dieser Zeit das Transfusionsgewebe. Mitte Mai setzt die Abnahme ein. Das Streckungsminimum wird in der zweiten Hälfte des Monats erreicht. Es macht sich vor allem bemerkbar in einer Stärkeabnahme im Mesophyll und zwar besonders im Schwammgewebe. Im Juni folgt dann eine sehr schnelle Zunahme. Mitte des Monats ist das Hauptmaximum erreicht. Schwarzblau sind zu dieser Zeit die Flanken der Nadel, die Schließzellen und das Perikambium. Sehr viel enthält das Palisadengewebe, das Schwammgewebe etwas weniger. Blau ist das Transfusionsgewebe. In der zweiten Hälfte des Juni erfolgt die Abnahme. Die Endodermis ist Mitte Juni schon fast stärkefrei und das Transfusionsgewebe stärkearm. Ende September ist die Nadel fast frei. Spuren finden sich noch im Mesophyll und sehr viel in den Schließzellen. Mitte Oktober, wo die Nadel schon anfängt, gelblich zu werden, findet sich nur noch wenig Stärke im Siebteil, und viel in den Schließzellen. Ende dieses Monats werden die Nadeln abgeworfen.

Gerbstoff.

Die in der Knospe eben angelegten Langtrieb-nadeln sind im Juli noch gerbstofffrei. Sie bleiben es auch während der Monate August und September. Die Kurztrieb-nadeln speichern schon sehr früh Gerbstoff in den Randpartien des Mesophylls. Im Januar besitzt auch die Langtrieb-nadel im Mesophyll schon ziemlich viel Gerbstoff. In der ersten Hälfte des April erfolgt dann das Austriebmaximum der Kurztrieb-nadel. Mitte dieses Monats macht sich bei der Kurztrieb-nadel schon eine Gerbstoffabnahme bemerkbar. Ende des Monats tritt auch die Abnahme für die Langtrieb-nadel ein. Das Streckungsminimum wird Mitte Mai erreicht. Von da ab folgt eine rasche Zunahme. Sie ist besonders im Juni zu erkennen. Sie hält an bis zum Abfallen der Blätter. Zu dieser

Zeit sind schwarzbraun das Palisadengewebe (besonders an den Flanken und ober- und unterseits vom Zentralzylinder), die Harzkanalscheide und der größte Teil der sklerenchymatischen Elemente des Zentralzylinders. Dunkelbraun sind das Hypoderm, das Epithel und das Perikambium.

Zusammenstellung der hauptsächlichsten Ergebnisse.

Anatomische Entwicklung,

Die anatomische Entwicklung der jungen Nadel zeigt bei den verschiedenen untersuchten Objekten einen nahezu gleichmäßigen Verlauf, wenn auch die Zeit des Austriebs und der Fertigstellung der Nadel im einzelnen verschieden ist. Im Juli wurde die junge Nadel bei der größten Zahl der untersuchten Objekte angelegt, ausgenommen sind nur *Abies brachyphylla*, *Tsuga diversifolia* und *Pinus montana*. Im Spätherbst sind alle Nadeln vorhanden. Zu dieser Zeit zeigt sich bei sämtlichen Objekten eine Differenzierung in Epidermis, Mesophyll und Zentralzylinder. Im Januar ist nur bei *Taxus baccata* die Endodermis in einigen Zellen kenntlich. Zu gleicher Zeit sind bei *Pseudotsuga Douglasii* und *Tsuga diversifolia* die Harzkanäle angelegt, aber ihr Lumen ist noch durch die Epithelzellen ausgefüllt. Bis zum April geht die Entwicklung der jungen Nadel sehr langsam vor sich. Zur Zeit des Austriebs sind sämtliche Gewebe zu erkennen. Der Austrieb erfolgt am frühesten bei *Larix europaea*. Die übrigen Objekte ordnen sich in folgender Reihe an: *Pseudotsuga Douglasii*, *Taxus baccata*, *Picea omorica*, *Pinus montana*, *Abies brachyphylla* und *Tsuga diversifolia*. Die letzten beiden treiben erst in der ersten Hälfte des Mai aus. Z. Zt. der Streckungsperiode, die nach dem Austrieb einsetzt, sind sämtliche Gewebe unverdickt, und es erfolgt also nur ein sehr bedeutender Längenzuwachs der Nadel. Das Ende dieser Periode macht sich durch eine geringe Verdickung der Epidermis bemerkbar. Mitte Juni ist die Langtrieb-nadel von *Larix* schon vollkommen mit ihrer Ausbildung fertig, während bei den übrigen Objekten die Nadeln nur morphologisch ausgewachsen sind. Ende Juli folgen dann *Tsuga diversifolia* und *Pinus montana*. *Abies brachyphylla*, *Picea omorica*, *Taxus baccata* und *Pseudotsuga Douglasii* sind dann mit ihrer anatomischen Ausbildung fertig, mit Ausnahme der sklerenchymatischen Elemente, die noch während der Herbstmonate und auch in den folgenden Jahren ihre Verdickung fortsetzen.

Was den Chlorophyllgehalt anbetrifft, so kann man die junge Nadel z. Zt. des Austriebs als arm bezeichnen und erst im Herbst erreicht sie nahezu die dunklere Färbung der älteren Nadel.

Stärke.

Die Veränderung im Stärkegehalt der jungen Nadeln im Laufe eines Jahres läßt folgende Rhythmik erkennen:

Zur Zeit ihrer Anlage sind die jungen Nadeln stärkefrei. Bald darauf sammelt sich die Stärke besonders an der Spitze und der Basis an. Im Winter verschwindet sie vollkommen, oder fast vollkommen. Vom Februar des nächsten Jahres ab setzt eine langsame Zunahme ein, die sich im April, besonders in der zweiten Hälfte, sehr bedeutend steigert. Z. Zt. des Austriebs oder kurz nachher ist das erste Maximum erreicht, das man als das Austriebsmaximum kennzeichnen kann. Mit der darauf einsetzenden Streckungsperiode parallel läuft eine Abnahme des Stärkegehalts. Das Streckungsminimum wird in der ersten Hälfte des Juni erreicht. Von dieser Zeit an folgt eine Zunahme bis zum Hauptmaximum, das bei den einzelnen Objekten zeitlich sehr verschieden fällt. Während des Hauptmaximums sind sämtliche Gewebe sehr reich an Stärke. Von da ab setzt ein mehr oder minder schneller Stärkeschwund ein, bis die jungen Nadeln in den Wintermonaten vollkommen oder fast st.-frei sind.

Für die älteren Nadeln fand Kirchhoff folgende Zeitpunkte des Maximums:

<i>Pinus montana</i>	}	April bis Mai
<i>Picea omorica</i>		
<i>Abies brachyphylla</i>	}	Mai
<i>Pseudotsuga Douglasii</i>		
<i>Taxus baccata</i>	}	Mai bis Juni
<i>Tsuga diversifolia</i>		

Das Stärkemaximum der älteren Nadeln stimmt also im wesentlichen zeitlich mit dem von mir gefundenen Austriebmaximum der jungen Nadeln überein. Das von mir gefundene zweite Maximum fällt bei den älteren Nadeln fort.

Während sämtliche, von mir untersuchten Objekte sich im wesentlichen an den oben geschilderten Verlauf anschließen, zeigen sich doch nicht nur in der zeitlichen Aufeinanderfolge der einzelnen Stärkephasen, sondern auch hinsichtlich der Menge und der Verteilung in den einzelnen Geweben beträchtliche Unterschiede.

Zunächst sei erwähnt, daß *Pinus montana* von dem obigen Verlauf etwas abweicht dadurch, daß im November nochmals eine geringe Stärkespeicherung erfolgt, und daß die Stärkezunahme bei *Pseudotsuga Douglasii* schon im Dezember erneut einsetzt.

Als stärkereich sind zu bezeichnen mit Ausnahme der Wintermonate *Tsuga diversifolia*, *Pinus montana*, *Abies brachyphylla* und *Picea omorica*. Weniger besitzen *Taxus*, und vor allem *Pseudotsuga Douglasii* und *Larix europaea*.

Betrachten wir nun die Stärkeverteilung im einzelnen, so sehen wir, daß sich Mitte April nur Stärke im Mesophyll, besonders um den Zentralzylinder, und in ganz geringer Menge auch in der Epidermis findet bei *Picea omorica*, *Abies brachyphylla* und *Pinus montana*. Schon im März findet sich die gleiche Verteilung bei *Larix*. Bei *Tsuga diversifolia*, *Taxus baccata* und *Pseudotsuga Douglasii* sind auch Zellen der Endodermis durch ihren Stärkegehalt ausgezeichnet. In der zweiten Hälfte des April nimmt

dann die Stärke sehr schnell zu. Über die Zeit des Austriebsmaximums und über die Stärkeverteilung sollen die beiden folgenden Tabellen Auskunft geben:

Name	Zeit des Austriebmaximums	Stärkegehalt
<i>Pinus</i>	Anfang Mai	ziemlich viel
<i>Taxus</i>	in der 1. Hälfte des Mai	viel
<i>Tsuga</i>	Anfang Juni	viel
<i>Picea</i>	Anfang Mai	sehr viel
<i>Abies</i>	Ende Mai	viel
<i>Pseudotsuga</i>	Anfang Mai	viel
<i>Larix</i> 1. Kurztr. Nadel	Mitte April	ziemlich viel
2. Langtr. Nadel	Anfang Mai	ziemlich viel

Name	Mesophyll	Endodermis	Perikambium	Transfg.
<i>Pinus</i>	Minim. Mengen	ziemlich viel	—	i. d. größt. Zahl d. Zellen bes. a. d. Flank. sehr viel
<i>Taxus</i>	1. Pal. etwas 2. etwas mehr Schwg. blau	sehr viel unters. u. an d. Flanken	—	etwas
<i>Tsuga</i>	viel im Schwg. etwas weniger im Pal.	Flanken sehr viel, seidl. wenig	wenig	frei
<i>Picea</i>	sehr viel	viel	—	sehr viel
<i>Abies</i>	Pal. wenig. Schwg. sehr viel	viel ober- und unters.	viel	frei
<i>Pseudotsuga</i>	viel	sehr viel	—	in einz. Zellen sehr viel
<i>Larix</i>	Pal. sehr viel Schwg. weniger	sehr wenig	viel	frei

Was die Verhältnisse während der Streckungsperiode anbelangt, so zeigt sich hier eine gewisse Verschiedenheit. Allen gemeinsam ist eine mehr oder minder große Stärkeabnahme, die sich bei sämtlichen, von mir untersuchten Objekten im Mesophyll zeigt. Die anderen Gewebe, in denen gleichfalls noch in auffallender Weise der Stärkegehalt abnimmt, sind in folgender Tabelle aufgeführt:

Name	Gewebe mit auffallender St.-abnahme
<i>Pinus</i>	Transfg. unterseits
<i>Taxus</i>	Transfg.
<i>Picea</i>	End. u. Transfg.
<i>Pseudotsuga</i>	End.
<i>Larix</i>	Perik.

Mit dem Ende der Streckungsperiode beginnt auch wieder eine Stärkezunahme. Wenn wir die Zeit des Hauptmaximums in Betracht ziehen, so können wir drei Gruppen unterscheiden: *Larix* und *Pseudotsuga Douglasii* erreichen ihr Maximum schon im Juni. Dies hängt bei *Larix* mit der Einjährigkeit der Nadeln zusammen. Die zweite Gruppe, die von *Pinus montana*, *Tsuga diversifolia* und *Taxus baccata* gebildet wird, erreicht ihr Hauptmaximum Mitte Juli, während *Abies brachyphylla* und *Picea omorica* erst im August ihren größten Stärkegehalt aufweisen.

Zum Vergleich der einzelnen Gewebe z. Zt. des Hauptmaximums möge folgende Tabelle dienen:

Name	Mesophyll	Endodermis	Peri- kambium	Transfg.
<i>Pinus</i>	Um d. Zentralz. ziemlich viel	meist frei	—	mittelviel
<i>Taxus</i>	mittel bis zieml. viel m. Ausn. d. 1. Pal.	viel bis sehr viel	—	teilw. viel
<i>Tsuga</i>	Pal. sehr viel Schwg. weniger	Unters. sehr viel seitl. frei	sehr viel	—
<i>Picea</i>	Flank. u. periph. Sch. mittel bis zieml. viel, sonst wenig	viel	—	$\frac{1}{2}$ der Zellen viel
<i>Abies</i>	sehr viel periph. Seitl. vom Zen- tralz. etwas weniger	seitl. mittel bis zieml. viel	viel bis sehr viel	meist frei
<i>Pseudotsuga</i>	Pal. viel, Schwg. weniger	viel	—	sehr viel in den meisten Zellen
<i>Larix</i>	Pal. sehr viel. Schwg. weniger	etwas	sehr viel	viel

Von der Zeit des Hauptmaximums an setzt eine mehr oder minder schnelle Abnahme ein. Im Dezember sind vollkommen stärkefrei nur *Abies brachyphylla* und *Tsuga diversifolia*. Mitte Oktober, d. h. kurz vor dem Abfallen, enthält die Nadel von *Larix* nur Stärke in den Schließzellen und im Siebteil. Im Oktober, wo auch die Nadel von *Pinus montana* ihren geringsten Stärkegehalt aufzuweisen hatte, zeigten sich geringe Mengen im Mesophyll und in einigen Zellen der Endodermis und des Transfusionsgewebes. Die Nadeln der anderen Objekte stehen in betreff ihres Stärkegehalts z. Zt. ihres Minimums zwischen *Larix* und *Pinus montana*.

Was die Verteilung der Stärke in den einzelnen Geweben anbetrifft, so kann ich mich auf eine Behandlung der Epidermis, des Hypoderms, der Harzkanalscheide und des Epithels beschränken. Nur bei *Larix* fand ich keine Stärke in Epidermis, Hypoderm, Harzkanalscheide und Epithel gleichzeitig. Bei den anderen Objekten waren wenigstens bis z. Zt. der Verdickung in der Epidermis und dem Hypoderm Spuren bis mittelviel vorhanden. Die Harzkanalscheide ist stärkefrei bei *Pinus montana*, *Abies brachy-*

phylla und *Picea omorica*. Bei *Tsuga diversifolia* und *Pseudotsuga Douglasii* enthielt die äußere Harzkanalscheide viel und die innere wenig. Das Epithel war bei sämtlichen Objekten stärkefrei mit Ausnahme von *Tsuga diversifolia*, wo ziemlich viel vorhanden war.

Was das Mesophyll und die Endodermis angeht, so kann ich mich darin den Ausführungen Kirchhoffs anschließen. Er sagt darüber folgendes: „Das Mesophyll ist bei allen Objekten nur während des Stärkemaximums ziemlich gleichmäßig erfüllt. Während der ersten Stärkemonate bezw. während des Stärkeschwundes eilen immer einige Regionen anderen in der Anfüllung bezw. der Entleerung voraus. Die Zellen innerhalb des Mesophylls sind somit nicht als vollkommen gleichartig zu betrachten. Diejenigen Partien, die während des Stärkeschwundes am längsten die Stärke behalten, sind andererseits immer diejenigen, in denen die Stärke zuerst wieder auftritt, bezw. diejenigen, die um diese Zeit die größten Mengen aufweisen.“

Für die Stärkemengen und die Verteilung der Stärke innerhalb der Endodermis ist der anatomische Bau dieser Schicht von Einfluß.

Ist die Endodermis differenziert in eine kleinzellige obere und untere und eine großzellige seitliche Region wie bei *Abies brachyphylla* und *Tsuga diversifolia*, so liegt seitlich stets weniger Stärke als oben und unten. Die Stärke tritt seitlich später auf und schwindet auch hier eher als oben und unten, wo meist ähnliche Mengen wie im benachbarten Mesophyll sich finden.

Bei Objekten mit einer Endodermis, bei der alle Zellen wesentlich gleich ausgebildet sind, finden sich meist ähnliche Stärkemengen in der Endodermis wie im benachbarten Mesophyll. Immerhin eilen aber einige Zellen anderen in der Stärkebildung, bezw. Stärkeabnahme voraus. *Pinus montana* und *Pseudotsuga Douglasii* geben hierfür ein gutes Beispiel. Die Endodermis von *Pinus montana* hat ein erstes Stärkeminimum etwa im September, ein zweites während der kalten Jahreszeit. Dazwischen erweist sie sich als stärkeführend.“

Bei *Taxus baccata* läßt sich nur in der Jugendzeit mit Sicherheit eine Endodermis feststellen. Sie wird später wieder undeutlich, worauf ich hier nochmals aufmerksam machen möchte. Es finden sich hier stets und länger anhaltend größere Stärkemengen als im Mesophyll.

Gerbstoff.

Die Veränderungen, die der Gerbstoffgehalt im Laufe eines Jahres in der jungen Nadel erleidet, lassen sich graphisch in Form einer Kurve darstellen, die im wesentlichen folgenden Verlauf zeigt:

In den ersten Monaten des Jahres ist die junge Nadel noch gerbstoffarm. Bis April steigert sich ihr Gehalt nur wenig. Erst in der zweiten Hälfte dieses Monats setzt eine sehr schnelle Zunahme ein. Kurz nach dem Austrieb erfolgt das erste Maximum, das man als das Austriebmaximum kennzeichnen kann. Von da an setzt eine mehr oder minder starke Abnahme ein, die der

Streckungsperiode parallel läuft. Mit dem Ende der Streckungsperiode steigert sich der Gerbstoffgehalt wieder, je nach den einzelnen Objekten mit verschiedener Schnelligkeit. Diese Zunahme hält den ganzen Herbst bis zum Winter an.

Wenn auch bei allen von mir untersuchten Objekten diese Rhythmik in der Hauptsache zu erkennen ist, so zeigen sich doch im einzelnen recht beträchtliche Unterschiede, und zwar nicht nur in der zeitlichen Aufeinanderfolge der verschiedenen Gerbstoffphasen, sondern auch in dem Mengenverhältnis und der Verteilung des Gerbstoffs in den einzelnen Geweben. Zunächst sei hier erwähnt, daß *Abies brachyphylla* von dem oben geschilderten Verlauf dadurch abweicht, daß schon vom September ab keine Zunahme des Gerbstoffgehalts mehr erfolgt.

Als gerbstoffreich sind zu bezeichnen *Larix*, *Picea omorica* und *Pseudotsuga Douglasii*. Etwas weniger enthalten *Tsuga diversifolia* und *Pinus montana*. Noch weniger führen *Abies brachyphylla* und *Taxus baccata*.

Betrachten wir nun die Gerbstoffentwicklung im einzelnen, so sehen wir hier sehr starke Verschiedenheiten auftreten.

In den Herbstmonaten findet sich bei *Abies brachyphylla*, *Tsuga diversifolia*, *Pseudotsuga Douglasii* und *Taxus baccata* schon in geringer Menge Gerbstoff in den jungen Nadeln, während sie bei *Picea omorica* und *Pinus montana* gerbstofffrei bleiben. Eine vermittelnde Stellung zwischen beiden Gruppen nimmt *Larix* ein. Die Kurztriebnnadeln schließen sich der ersten, die Langtriebnnadeln der zweiten Gruppe an. Im Januar besitzen dann sämtliche Nadeln schon Gerbstoff. Die nachstehende Tabelle wird Aufschluß geben über die Gewebe, in denen der Gerbstoff zuerst auftritt.

Name	Gewebe
<i>Abies</i>	Über u. unter d. Zentralz.
<i>Taxus</i>	Ep. u. einz. Zellen d. End.
<i>Tsuga</i>	um den Zentralz.
<i>Pseudotsuga</i>	Ep. u. um den Zentralz.
<i>Larix</i>	
1. Kurztriebnn.	Randpartien des Mes. u. End.
2. Langtriebnn.	Mes.
<i>Pinus</i>	Mes. ober- u. unterseits periph.
<i>Picea</i>	Mes.

Bei *Tsuga diversifolia*, *Abies brachyphylla* und *Larix* finden sich frühzeitig im Perikambium einige gerbstoffhaltige Zellen, während bei *Pseudotsuga Douglasii*, *Pinus montana* und *Picea omorica* der Gerbstoff sehr früh im Transfusionsgewebe auftritt.

Über die Zeit des Austriebmaximums und über die Verteilung in den einzelnen Geweben sollen die beiden folgenden Tabellen Auskunft geben:

Name	Zeit
<i>Abies</i>	1. Hälfte des Mai
<i>Taxus</i>	Anfang Mai
<i>Tsuga</i>	Anfang Mai
<i>Pseudotsuga</i>	Anfang Mai
<i>Larix</i>	
1. Kurztrieb.	1. Hälfte des April
2. Langtrieb.	2. Hälfte des April
<i>Pinus</i>	Mitte Mai
<i>Picea</i>	Anfang Mai

Name	Mesophyll	Endodermis	Perikambium	Transfg.
<i>Abies</i>	Braune Ansammlung um die Ha.	Obers. einige wenige Zellen gelbbraun	eine große Zahl v. Zellen braun	—
<i>Taxus</i>	Schw. braune Zellen	braun	—	—
<i>Tsuga</i>	dunkelbraun	gelbgrau	ober- u. unters. eine gr. Zahl v. braunen Zellen	graugelb
<i>Pseudotsuga</i>	Pal. gelbbraun	frei	—	eine Zahl v. Zel. dunk. br.
<i>Larix</i>	Schw. heller	frei	gelblich	frei
<i>Pinus</i>	Pal. dunkelbraun			
	Schw. heller rotbraun	einzelne Zellen gelbbraun	—	1/2 d. Zelle gelblich
<i>Picea</i>	gelbbraun	hellgelb	—	hellgelb

Was die Streckungsperiode anbetrifft, so zeigt sich hier eine außerordentliche Gleichmäßigkeit. Bei sämtlichen von mir untersuchten Objekten findet eine mehr oder minder starke Abnahme der Gerbstoffkonzentration im Mesophyll statt. Sie beschränkt sich bei der größten Zahl der Objekte darauf. Nur bei *Pseudotsuya Douglasii* verringert sich auch der Gerbstoffgehalt im Transfusionsgewebe und bei *Picea omorica* in der Endodermis und im Transfusionsgewebe.

Im Juni, mit ablaufender Streckungsperiode, nimmt der Gerbstoffgehalt wieder zu und zwar bis zum Ende des Jahres. Im Anfang habe ich schon *Abies brachyphylla* als Ausnahme erwähnt, da bei diesem Objekt die Nadel vom September ab ihre Gerbstoffspeicherung einstellt.

Über die Verteilung in den einzelnen Geweben während der Wintermonate gibt folgende Tabelle Auskunft:

Name	Mesophyll	Endodermis	Perikambium	Transfg.
<i>Abies</i>	Pal. gelbgrau, Schwg. heller mit braunen Tropfen	Seitl. frei, ober- u. unters. wie Mes.	braun	frei
<i>Taxus</i>	Pal. einz. Zellen braun. Schwg. $\frac{1}{2}$ d. Zellen	dunkelbraun	—	—
<i>Tsuga</i>	Pal. gelbbraun Schwg. seitl. v. Zentralz. dunkelbr. Flanken heller	seitl. frei, sonst wie das Mes.	dunkelbr.	—
<i>Pseudotsuga</i>	Pal. dunkelbr. Schwg. etwas heller	frei	—	i. d. größten Zahl d. Zellen schwarzbraun
<i>Larix</i>	Pal. schwarzbr. Schwg. dunkelbr.	frei	dunkelbr.	frei
<i>Pinus</i>	dunkelbraun	einzelne Zellen ober. braun	—	Ansamml. brauner Zellen a. d. Flanken
<i>Picea</i>	braun	frei	—	$\frac{1}{2}$ d. Zellen braun

Was nun die Verteilung in den einzelnen Geweben anbetrifft, so kann ich mich darin im wesentlichen Kirchhoff anschließen. Er sagt etwa folgendes:

„Bei allen Objekten liegt der meiste Gerbstoff in der Epidermis und dem Hypoderm, dann auch im Transfusionsgewebe, oder wo solches nicht typisch ausgebildet ist, im Perikambium. In den Scheidenzellen der Harzgänge liegen gleichfalls große Mengen. Gerbstofffrei ist die stark verdickte Epidermis von *Pinus montana*“ (von der Zeit ihrer Verdickung an).

„Das Epithel ist gerbstofffrei bei *Picea omorica*, mittel viel enthält es bei *Pseudotsuga Douglasii* und *Abies brachyphylla*. Einen sehr kräftigen Niederschlag weist es bei *Tsuga diversifolia* auf.

Was die Verteilung des Gerbstoffes im Mesophyll anbetrifft, so enthält *Taxus baccata* als einziges Objekt differenzierten Gerbstoff, d. h. es liegen im Mesophyll eine Anzahl isolierter, gerbstoffführender Zellen zwischen gerbstofffreien.

Ziemlich gleichmäßig ist die Ausfällung bei *Picea omorica* und *Pinus montana*. Mehr Niederschlag als in den innern Schichten liegt in den peripheren Zellen von *Abies brachyphylla*, *Pseudotsuga Douglasii* und *Larix*. Bei *Tsuga diversifolia* findet sich in den Palisaden weniger Gerbstoff als im Schwammgewebe.

Anatomische Differenzierungen in der Endodermis gehen ebenfalls wie bei der Stärke mit Differenzen in der Gerbstoffverteilung einher. Ziemlich wenig Gerbstoff führt die ringförmig geschlossene Endodermis von *Pinus montana* und *Larix*; desgleichen doch etwas mehr die Endodermis von *Pseudotsuga Douglasii*.

Die obere und untere kleinzellige Endodermis von *Abies brachyphylla* und *Tsuga diversifolia* enthält ähnliche Mengen wie das

benachbarte Mesophyll und erheblich mehr als die seitlichen, größeren Zellen.

Die Umgebung des Bündels von *Taxus baccata* (die in der Jugend als Endodermis anzusprechen ist), ist gerbstoffreicher als das Mesophyll.“

Zum Schluß der Nadeluntersuchungen seien noch einige Bemerkungen über die Änderungen mit zunehmendem Alter der Nadeln aus Kirchhoffs Arbeit entnommen.

„Sämtliche Objekte gleichen sich hinsichtlich der Mengenunterschiede in den verschieden alten Nadeln darin, daß die Nadeln um so gerbstoffreicher sind, ein je höheres Alter sie besitzen. Recht auffallend ist die sukzessive Zunahme zu verfolgen bei *Picea omorica*, *Abies brachyphylla*, *Pinus montana* und *Tsuga diversifolia*.

Schwächer ist die Zunahme bei *Pseudotsuga Douglasii* und *Taxus baccata*. Die Nadel 2 weist bei diesen Objekten schon ähnliche Mengen auf wie die älteren Nadeln.“

Knospe.

Nicht so eingehend wie die junge Nadel ist die Knospe von mir untersucht worden. Hier habe ich mich in der Hauptsache darauf beschränkt, die Objekte im Herbst oder Winter genau zu untersuchen. Bezüglich des Verhaltens der Stärke bestätigen vorliegende Untersuchungen das von Fischer aufgestellte Schema: Maximum im Herbst — Minimum im Winter — Maximum im Frühjahr.

Betrachten wir die untersuchten Objekte morphologisch, so lassen sich die Knospen schon auf Grund ihrer äußeren Gestalt unterscheiden. Ähnlich sind hier nur *Larix* und *Tsuga diversifolia*, da beide kleine, rundliche Knospen besitzen. Eine geringe Ähnlichkeit zeigen auch die Knospen von *Pseudotsuga Douglasii* und *Picea amorica*, nur ist die erste mehr in die Länge gestreckt. Ihnen schließt sich in gewisser Weise *Taxus baccata* an. Eine vollkommen isolierte Stellung nehmen ein *Abies* mit seiner ziemlich großen, kegelförmig gestalteten Knospe und *Pinus montana* mit seiner großen, einen Zylinder mit aufgesetztem Kegel gleichenden Knospe.

Der Austrieb der Winterknospe setzt für die Mehrzahl der Objekte in der zweiten Hälfte des April ein. Am frühesten treibt *Larix* aus. Bei ihr erscheinen die Kurztrieb-nadeln erst Ende des Monats. Dann folgen *Pseudotsuga Douglasii*, *Taxus baccata*, *Picea amorica* und *Pinus montana*. In der ersten Hälfte des Mai treiben erst *Tsuga diversifolia* und *Abies brachyphylla* aus. Im Juli erfolgt dann eine Neuanlage der Nadeln in der neuen Winterknospe. Die von mir ausgeführten Untersuchungen schließen hierin an die Untersuchungen Larkums an. Nur bei den zuletzt austreibenden *Abies brachyphylla* und *Tsuga diversifolia* habe ich noch keine Blattanlagen im Juli feststellen können.

Im Spätherbst sind sämtliche Nadeln vorhanden. Im Winter erfolgt dann eine Ruheperiode und erst kurz vor dem Austrieb

nimmt die Knospenlänge etwas zu. Der Längenzuwachs der jungen Achse erfolgt schon früher, aber auch hier zeigt sich von April ab eine bedeutendere Zunahme. Ende Juni ist der junge Trieb morphologisch ausgewachsen.

Was die anatomischen Verhältnisse anbetrifft, so kann man hierfür ein bestimmtes Schema aufstellen, von dem die einzelnen Objekte kaum oder nur sehr wenig abweichen.

Die junge Achse ist zylindrisch und oben abgeflacht. Nur bei *Pseudotsuga Douglasii* ist sie oben halbkreisförmig. Bei sämtlichen Objekten umgibt die Rinde des alten Triebes die junge Achse becherförmig. An die letztere schließt sich unten eine mehr oder minder gut entwickelte kollenchymatische Zone, die bei *Tsuga diversifolia* nur sehr wenig verdickt ist. Sie stößt an die Markerweiterung, die sich im oberen Teil sehr schnell verbreitert und nach unten hin allmählich abnimmt. Die Zellen der Markerweiterung sind großlumig und zartwandig. Stark verdickte Idioblasten fanden sich im unteren Teile der Markerweiterung und im Mark des alten Triebes bei *Tsuga diversifolia* und *Pseudotsuga Douglasii*. Bei *Abies brachyphylla* treten im Mark des alten Triebes einige Steinzellen auf. Die ganze Knospe wird umgeben von einer großen Anzahl von Schuppen, von denen besonders die äußersten durch ihre Derbheit ausgezeichnet sind.

Übergänge zwischen Schuppen und Nadeln fanden sich nur bei *Taxus baccata*.

Stärke.

Als stärkereich sind zu bezeichnen *Picea omorica*, *Taxus baccata*, *Pseudotsuga Douglasii* und *Tsuga diversifolia*. Weniger, aber auch verhältnismäßig noch viel besitzen *Larix* und *Abies brachyphylla*.

Die Verteilung der Stärke in den einzelnen Geweben ist die folgende:

Bei allen Objekten findet sich die meiste Stärke im Mark des alten Triebes. Bei sämtlichen, von mir untersuchten Formen zeigt sich hier z. Zt. des Herbstmaximums mit Chloraljod eine blauschwarze Färbung mit Ausnahme von *Abies brachyphylla*, wo der Stärkegehalt etwas geringer ist.

Nicht so übereinstimmende Verhältnisse wie beim Mark des alten Triebes zeigen sich in der Markerweiterung. Stärkearm ist hier der obere Teil. Am meisten besitzt in der Markerweiterung *Pseudotsuga Douglasii*; etwas weniger findet sich bei *Tsuga diversifolia* und *Larix*; noch weniger führt sie bei *Picea omorica* und *Abies brachyphylla*.

Die Kollenchymzone, die nach oben hin die Markerweiterung hin abschließt, ist bei fast sämtlichen Objekten stärkefrei. Eine Ausnahme macht nur die sehr wenig verdickte Zone bei *Tsuga diversifolia*, in der Spuren vorhanden sind.

Was die Stärkemenge im Knospenmark anbetrifft, so kann man hier drei Gruppen unterscheiden: Die erste enthält sehr viel, die zweite viel und die dritte mäßig viel. Zu der ersten Gruppe

gehören: *Picea omorica* und *Taxus baccata*, zur zweiten *Pseudotsuga Douglasii*, *Tsuga diversifolia* und *Abies brachyphylla*; die dritte wird allein vertreten durch *Larix*.

Verhältnismäßig wenig Stärke besitzt bei sämtlichen Objekten die Rinde. Am meisten zeigt sich bei *Pseudotsuga*, am wenigsten bei *Taxus baccata* und *Larix*, während *Picea omorica*, *Tsuga diversifolia* und *Abies brachyphylla* zwischen den beiden Gruppen stehen.

Der Vegetationskegel führt Spuren von Stärke bei *Taxus baccata* (Larkum¹⁾, *Pseudotsuga Douglasii*, *Tsuga diversifolia* und *Abies brachyphylla*, während er bei *Picea omorica* und *Larix* frei ist.

Was die Knospenschuppen anbelangt, so sind die äußeren gewöhnlich frei. Etwas Stärke enthalten die inneren, besonders in den mittleren Partien, während die Spitze meist ebenfalls frei ist.

Gerbstoff.

Er findet sich in reichlicher Menge bei sämtlichen Objekten vor. Durch ihren Gerbstoffgehalt ausgezeichnet sind *Picea omorica*, *Pseudotsuga Douglasii*, *Taxus baccata*, *Tsuga diversifolia* und *Larix*. Weniger, aber verhältnismäßig ebenfalls noch viel, besitzt *Abies brachyphylla*.

Die Verteilung des Gerbstoffs in den einzelnen Geweben ist die folgende: Bei allen Objekten findet sich der meiste Gerbstoff im Mark des alten Triebes. Sehr viel enthält es bei *Picea omorica*, etwas weniger bei *Taxus baccata* und *Abies brachyphylla*; noch weniger führen *Tsuga diversifolia* und *Larix*.

Die Markerweiterung zeigt im allgemeinen die gleiche Gerbstoffverteilung, nur treten hier viele gerbstofffreie Zellen und Zellreihen auf.

Die kollenchymatische Zone zeigt bei sämtlichen Objekten eine gleichmäßige gelb- bis rotbraune Farbe.

Was das Knospenmark anbetrifft, so zeichnet sich durch seinen Gerbstoffgehalt aus dasjenige von *Picea omorica*, *Pseudotsuga Douglasii* und *Tsuga diversifolia*; dann folgen *Taxus baccata* und *Larix*. Wenig Gerbstoff führt es bei *Abies brachyphylla*.

Was die Gerbstoffmenge in der Rinde anbelangt, so lassen sich bei den untersuchten Objekten wieder zwei Gruppen unterscheiden. Die erste enthält wenig, die zweite sehr wenig. Zu der ersten gehört die größere Zahl, d. h. *Picea omorica*, *Pseudotsuga Douglasii*, *Taxus baccata* und *Tsuga diversifolia*. Die zweite wird gebildet von *Abies brachyphylla* und *Larix*.

Vergleichen wir noch das Verhalten der Knospenschuppen, so zeigt sich, daß der Gerbstoffgehalt von den äußeren Schuppen nach den inneren zu abnimmt.

¹⁾ Beiträge zur Kenntnis der Jahresperiode unserer Holzgewächse. Diss. Göttingen 1914, S. 83.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Botanisches Centralblatt](#)

Jahr/Year: 1917

Band/Volume: [BH_34_1](#)

Autor(en)/Author(s): Kracht Walter

Artikel/Article: [Zur Kenntnis der Entwicklung und der Inhaltsstoffe der Nadeln der Coniferen im ersten Jahre 493-562](#)