

wurden die Verunreinigungen durch Filtration entfernt. Ein Flüssigkeits-Verlust war dabei niemals zu verzeichnen. - (6) Schwammen die Blätter auf Wasser, so wurde die Zunahme des Wassergehaltes der Spreiten aus der Zunahme von Stiel und Spreite berechnet. - (7) Die Atmung der Blätter wurde nicht durch das Liegen der Unterseiten auf Wasser gehemmt, da, wie mikroskopisch festgestellt wurde, auch auf der Oberseite der Blätter reichlich Spaltöffnungen (halb soviel wie auf der Unterseite) vorhanden waren. - (8) Es soll hier kurz auf die Möglichkeit hingewiesen werden, dass die Ableitung von Zucker in Wasser von dem Wassergehaltsgefälle zwischen Spreite und Stiel bedingt ist. - (9) KYLIN, in Hoppe-Seyler's Ztschr. f. physiol. Chem. CI (1918) p. 77. - (10) Siehe Versuch IX. bei Tropaeolum. - (11) Das Ausbleiben der Regeneration bei diesen Versuchen ist nicht dadurch zu erklären, dass das Plasma der gewelkten Blätter überhaupt nicht mehr zur Stärkebildung fähig war. Ich konnte nachweisen, dass gewelkte Blätter, auf Wasser geworfen, im Licht zu assimilieren begannen. - (12) URSPRUNG und BLUM in Ber. D. bot. Gesellsch. XVI, p. 136. - (13) SACHS in Arb. Bot. Inst. Würzb. III (1884) p. 14 ff. - (14) NEGAMATZ, in Arb. Bot. Inst. Würzb. III (1884) p. 404 ff. - (15) Der Beweis, dass die Spaltöffnungen geschlossen waren, fehlt. Es ist durchaus nicht immer der Fall, dass beim Welken Spaltöffnungs-Schluss auftritt. So konnte ich bei Tropaeolum beobachten, dass rasch welkende Blätter die Spaltöffnungen offen liessen. - (16) LIDFORSS in Bot. Zentralbl. LXVIII (1896) p. 38. - (17) GAST, Quantitative Unters. über d. Kohlenhydratstoffwechsel im Laubblatt; Diss. Würzb. dazu auch: Zeitschr. f. physiol. Chem. IC (1917). - (18) BROWN & MORRIS in Journ. Chem. Soc. 1893. - (19) GIRARD, in Compt. rend. XCVII (1883) p. 1305. - (20) E. PRINGSHEIM in Pringsh. Jahrb. XLIII (1906) p. 121 ff. - (21) HÖFLER in Denkschr. Akad. Wien LXXXV, 1918. - (22) MOLISCH in Ber. D. bot. Ges. XXXIX (1921) p. 339.

Vorliegende Arbeit wurde im botan. Institut der Universität Kiel unter Leitung des Herrn Prof. Dr. SCHROEDER angefertigt. Es sei mir erlaubt, Herrn Prof. Dr. SCHROEDER für Rat und Tat, mit denen er meine Arbeit unterstützt hat, an dieser Stelle meinen herzlichsten Dank auszusprechen.

## Ueber die Harzbildung in Holz und Rinde der Koniferen. Von ANNFRIED FRANCK (Münster i. W.).

In den früheren Untersuchungen über die Sekretgänge der Pflanzen war hauptsächlich der Bau und die Entstehungsweise der Gänge behandelt worden. Erst durch TSCHIRCH's (1) eigenartige Theorie von der "resinogenen Schicht" wurde die besondere Aufmerksamkeit auf die Frage nach dem Ort der Entstehung der Sekrete und der Art und Weise ihrer Ausscheidung hingelenkt. TSCHIRCH's Theorie beruht auf der Annahme der Undurchlässigkeit wasserdurchtränkter Membranen für die mit Wasser nicht mischbaren Harze, Fette und ätherischen Öle, einer Annahme, deren Unrichtigkeit übrigens unterdessen sicher erwiesen ist (2, 3) und die TSCHIRCH selbst auch kaum mehr aufrecht erhalten dürfte. Nach TSCHIRCH sollen diejenigen Wände der Epithelzellen, welche die Höhlung der Sekretgänge begrenzen, eine Schleimschicht bilden, in der das Sekret ohne direkten Zusammenhang des Schleims mit lebendem Plasma, wenn auch aus Stoffen, welche von den Epithelzellen stammen, aufgebaut wird. Nachdem TSCHIRCH und seine Schüler eine entsprechende Schleimschicht bei zahlreichen Sekretbehältern, Drüsen und Drüsenzellen gefunden hatten, dehnte er seine Theorie auf alle Arten von Drüsen aus und bezeichnete den Schleimbeleg als "sekretogene" Schicht. Obwohl diese Angaben von botanischer Seite meist bezweifelt wurden und nirgends direkte Zustimmung fanden, waren sie doch bis vor kurzem nur einmal von

Frau E. SCHWABACH (4) nachgeprüft worden. Das Ergebnis dieser Untersuchung war, dass eine resinogene Schicht nicht gefunden werden konnte und alles darauf hindeutete, dass das Sekret innerhalb der Epithelzellen gebildet werde. TSCHIRCH bestand aber weiter auf der Richtigkeit seiner Angaben und zog in mehreren Aufsätzen und Vorträgen weitgehende theoretische Folgerungen aus ihnen. In einer eingehenden Untersuchung von HANNIG (5) an Harzgängen von *Abies*-Nadeln wurde nun zum zweiten male nachgewiesen, dass keine Spur einer resinogenen Schicht in den Harzgängen dieser Nadeln aufzufinden ist, und dass in den Epithelzellen Harztröpfchen in einer so charakteristischen Anordnung auftreten, dass nicht mehr zu bezweifeln ist, dass an diesem Objekt wenigstens das Sekret innerhalb der Epithelzellen gebildet und von dort in den Harzkanal ausgeschieden wird. HANNIG hatte die Harzkanäle der Nadeln zur Untersuchung ausgewählt, weil sie nicht mit denen der Rinde und des Holzes in Zusammenhang stehen, also ein isoliertes System für sich bilden und dadurch besondere Vorzüge für die erste Untersuchung boten. Die Harzkanäle der Coniferen-Nadeln stellen aber nur einen unwesentlichen und vergänglichen Teil des ganzen Harzkanal-Systems einer Konifere dar. Es wäre denkbar, dass in Holz und Rinde, also in dem typischen, die ganze Pflanze durchziehenden Harzkanal-System der Konifere, die Harzbildung anders verlief als in den Nadeln und ausserdem möglich, dass bei den verschiedenen Koniferen verschiedene Typen der Harzbildung auftreten. Aus diesem Grunde, vor allem aber auch um evtl. eine auf breiterer Basis gegründete Widerlegung der TSCHIRCH'schen Theorie zu schaffen, wurde eine ausführliche Nachprüfung derselben an Holz und Rinde unserer einheimischen Abietineen vorgenommen.

Die Arbeit wurde S.S. 21 bis S.S. 22 im botanischen Institut der Universität Münster ausgeführt auf Anregung und unter Leitung von Herrn Prof. Dr. HANNIG, dem ich auch an dieser Stelle meinen aufrichtigen Dank für die rege Anteilnahme, die er an dem Fortschreiten der Arbeit genommen hat, ausspreche.

#### MATERIAL UND METHODE DER UNTERSUCHUNG.

Bei der Untersuchung beschränkte ich mich auf die Abietineen, von denen ich folgende Gattungen und Arten untersuchte: *Abies cephalonica*, *A. grandis*, *A. Veitchii*, *Picea excelsa*, *P. Morinda*, *P. omorica*, *P. polita*, *Pinus silvestris*, *P. Cembra*, *Larix decidua*. - Zur Untersuchung der Rinden-Kanäle nahm ich nur jüngere Zweige bis zu 4-jährigen und in der Hauptsache einjährige Triebe von der Knospung bis zum ausgewachsenen Zustand. Für die Verhältnisse des Holzes kamen ältere Zweigstücke hinzu, da die Harzgänge sich erst im Herbst an dem einjährigen Trieb bilden.

Bei allen Autoren, die angaben, dass in den Epithelzellen Sekrettröpfchen auftreten, war immer wieder der Einwand erhoben worden, dass das Sekret beim Schneiden über die Schnittfläche verschmiert sei. MAYR (6) und TSCHIRCH hatten daher, um die Lage der Tröpfchen sicher beurteilen zu können, nur dicke Schnitte untersucht. TSCHIRCH hatte seine Präparate ausserdem noch zuerst langsam bei 100° getrocknet. Da feinere Strukturen dabei nicht zu erkennen sind, hatte HANNIG eine neue Methode der Fixierung, bei der die Harz-Bestandteile ohne Änderung ihrer Struktur gehärtet und übrigens auch zugleich gefärbt wurden, angewendet. Das Fixiermittel bestand aus einer gesättigten Lösung von neutralem Kupfer-Azetat in 1% Chromsäure. Durch besondere Versuche stellte ich noch fest, dass auch basisches und mit Essigsäure neutralisiertes basisches Kupfer-Azetat brauchbar ist. Kupfer-Azetat allein angewandt härtete den Harzfaden erst nach längerer Einwirkung (3 Monate). Die erstgenannte Mischung färbt am schnellsten und intensivsten unter Härtung des Harzfadens und ist also in erster Linie zu empfehlen. Hat man an geeigneten Schnitten festgestellt, dass die Harzfäden gehärtet sind, dann wäscht man zur Entfernung der Chromsäure gründlich in fliessendem Wasser aus und bewahrt die Präparate in verdünnter Lösung von Kupfer-Azetat. Die nur mit Kupfer-Azetat gehärteten Zweigstücke wurden bis zur Herstellung der Schnitte in der Lösung gelassen und erst kurz vorher in fliessendem Wasser ausgewaschen. Da Chromsäure bei längerer Behandlung

die protoplasmatischen Bestandteile der Zelle angreift, wurde das Verhalten des Harzfadens gegen Kaliumbichromat untersucht. Es ergab sich, dass auch mit diesem Fixiermittel das Coniferenharz nach längerer Einwirkung gehärtet wird. Die mit Bichromat gehärteten Teile zeigten den Protoplasten besser erhalten als die Chromsäure-Präparate. Das ist deshalb vorteilhaft, weil so behandelte Zweigstücke nach Auswaschen gut zur Färbung des Harzes mit Alkanna oder Sudan benützt werden können.

Die Fixierung wurde zunächst, um ein Ausfliessen des Harzes beim Abschneiden zu vermeiden, am Baum vorgenommen, indem die Spitzen der Jahrestriebe im Mai in mit Chromsäure-Kupfer-Azetat gefüllte Glasröhren gebracht wurden, die mit Watte verschlossen und festgeklemmt waren. Nach mehreren Tagen wurden dann die Zweige abgeschnitten und weiterhin in der Lösung belassen. Doch zeigte sich bald, dass diese Methode der Fixierung den Baum schädigte, indem das Kupfer-Azetat über das Glas hinaus bis zu 20 - 30 cm in den Zweig vordrang und diesen und die Seitenzweige zum Absterben brachte, was sich an der Bräunung der Zweige, Vertrocknen und Abfallen der Nadeln bemerkbar machte. Daraufhin wurden abgeschnittene Zweige in ganzen Stücken fixiert. Bei letzteren fliesst natürlich das Harz an den Querschnittsflächen aus, und es wäre denkbar, dass dadurch auch die Epithelzellen verändert würden. Bei Vergleich der abgeschnittenen und sogleich fixierten einerseits, und der am Baum fixierten Zweige andererseits zeigte sich jedoch bei sorgfältigster Prüfung keinerlei Unterschied in dem Aussehen der Epithelzellen. Es kann also ohne Bedenken auch abgeschnittenes, fixiertes Material verwendet werden. Wenn jedoch Zweige an der lebenden Pflanze geköpft und erst nach zwei bis drei Tagen fixiert werden, verschliessen sich die Harzkanäle in der Nahe der Wundfläche durch Thyllen, die aus den Epithelzellen auswachsen (vergl. unten).

Fixiert man ein ganzes Internodium, indem man eine Tribspitze unterhalb oder ein Stengelstück oberhalb und unterhalb des Knotens abschneidet, so erhält man für die Rinde ein abgeschlossenes System von isolierten Sekretgängen, da diese nicht mit denen anderer Jahrestriebe in Verbindung stehen.

Die Färbung mit Kupfer-Azetat war meist sehr intensiv, doch mussten grössere Zweigstücke annähernd 2 - 3 Wochen in Kupfer-Azetat liegen, bevor die Färbung der Harzfäden tief dunkelgrün war. Bei kleineren Stücken und Knospen genügten meist schon 8 Tage. Die Färbung des Harzfadens war nicht bei allen Arten gleichmässig, vielmehr fanden sich zum Teil hellgrün gefärbte Harzfäden bei *Abies*-Arten (*Abies grandis*), während sich bei *Pinus*- und *Picea*-Arten sowie bei *Larix decidua* eine blaugrüne Farbe ergab. Einen hell blaugrünen Ton besaßen auch meist die Gänge im Hypoderm von *Larix*. Aus dieser verschiedenen Färbung lässt sich auf eine verschiedene Zusammensetzung der Harze schliessen, deren Schwankungen sich auch innerhalb der einzelnen Arten erkennen lassen.

Ausser Kupfer-Azetat wandte ich dann noch nach Fixierung mit Kaliumbichromat die meist in der Literatur angegebenen Reagentien zur Färbung von Harzen: Sudan und Alkanna-Tinktur, an. Die Färbung ergab in beiden Fällen gute Bilder, doch war die Alkanna-Färbung meist erst nach 24 Stunden ausreichend.

Wurde frisches Material verwendet, so fand ich die Angaben H. MAYR's durchaus bestätigt, dass Alkanna nicht zu benützen sei, denn das Harz war über den ganzen Schnitt in Tropfen zerstreut und zeigte keineswegs das primäre Bild, wie es sich nach Fixierung und Färbung mit Chromsäure-Kupfer-Azetat ergab.

#### BAU DER HARZGÄNGE.

Der Bau der Harzgänge in der Rinde ist für alle untersuchten Arten im wesentlichen gleich. An ausgewachsenen Hauptgängen besteht das einschichtige Epithel im Querschnitt aus etwa 10 - 20 Zellen. Diese sind im mit Harz erfüllten Kanal abgeplattet und wölben sich nach Austritt des Harzes aus dem Kanal nicht vor. MÜNCH (7) will am Holz von abgeschnittenen *Pinus*-Ästen beobachtet haben, dass sich nach Entleerung der Gänge die Epithelzellen nach einem Tage so stark vorgewölbt hätten, dass sie das Lumen des Harzganges ausfüllten. Um das Verhalten der Rindengänge bei der Entleerung des Harzes zu untersuchen, köpfte ich Oktober 1921 die

jüngsten, ausgewachsenen Triebe von *Picea omorica* und fixierte sie dann in einem Intervall von 3 Tagen am Baum. Ein Teil der geköpften Zweige wurde sofort fixiert; die Gänge zeigten ein weit geöffnetes, harzfreies Lumen (Schnitte 2 mm unter der Schnittfläche der Köpfung geführt), da das Harz ausgeflossen war und sich über die Schnittfläche verteilt hatte. Die Epithelzellen waren nicht vorgewölbt. Nach 3 Tagen fixierte Zweige gaben im wesentlichen noch das gleiche Bild, doch zeigten sich die Zellen an einigen Gängen etwas vorgewölbt. Nach 9 und 12 Tagen fixierte Zweige zeigten dann die Kanäle durch ein unregelmässiges Auswachsen der Epithelzellen verschlossen. Oft war in der Hauptsache nur eine Zelle ausgewachsen, während die andern nur ganz geringes Wachstum zeigten. Es handelte sich demnach hier wohl nicht, wie MÜNCH angibt, um eine einfache Vorwölbung nach der Entleerung des Harzes, sondern um einen Verschluss des angeschnittenen Ganges durch Thyllenbildung.

Die grösste Ausdehnung besitzen die Epithelzellen in der Längsaxe des Kanals. Auf Längsprofil-Bildern <sup>1)</sup> sind die Querwände meist etwas schief gestellt, während Flächenbilder (*Pinus silvestris*, *P. Cembra*) zeigen, dass sich die Zellen z.T. prosenchymatisch ineinander schieben und unregelmässige Gestalt haben. Bei *Picea polita* und *P. excelsa*, sowie bei den *Abies*-Arten findet sich jedoch meist die gleichmässige, rechteckige Gestalt in Längsflächenbildern. Die Membranen des lückenlos aneinander stossenden Epithels sind äusserst dünnwandig gegen das Kanallumen und zwischen den benachbarten Epithelzellen. Dagegen ist die Membran gegen die Scheidenzellen verdickt. Tüpfel wurden bei den Epithelzellen nicht beobachtet.

Um das Epithel liegt eine einschichtige Scheide, deren Zellen weitlumiger sind als die Epithelzellen und allseitig stärker verdickte Membranen aufweisen. Die Zahl der Scheidenzellen ist ungefähr die gleiche wie die der Epithelzellen. In den Scheidenzellen, die im ausgewachsenen Zustand nur einen dünnen Protoplasmaschlauch besitzen, fand ich im Frühjahr meist grosse Stärkekörner.

An die Scheidenzellen schliesst sich das an Interzellularen reiche Rindenparenchym an, dessen Zellen auf Querschnitten von ungleicher Gestalt, aber beträchtlich grösser als die Scheiden- und vor allem als die Epithelzellen sind.

Die Nebengänge der Rinde zeigen im Aufbau das gleiche Bild, wie die Hauptgänge, doch ist die Zahl der Zellen, die den Kanal umschliessen, geringer; bei *Picea polita* z.B. besteht das Epithel im Querschnitt nur aus 4 bis 8 Zellen.

Die vertikalen Gänge des Holzes zeigen im Bau gewisse Unterschiede und besitzen ein weit geringeres Lumen als die Rindengänge. Ihr Epithel besteht auch in den älteren Stadien nur aus 4 - 5 Zellen im Querschnitt, die nur selten, so bei *Pinus silvestris* vereinzelt auf 6 - 7 steigen.

Der Bau der Epithelzellen des Holzes entspricht bei *Pinus silvestris* und *P. Cembra* dem der Rindenkanäle. Die Zellmembranen bleiben dauernd dünnwandig, unverholzt und schliessen lückenlos aneinander wie in den Rindengängen. Eine geschlossene Scheide findet sich im Holz nicht, die Gänge werden von unregelmässig angeordneten Parenchymzellen begleitet, die im 2. Jahre (Zweige 1920, innerer Jahresring) meist Verholzung zeigen, aber dünnwandig bleiben. MÜNCH (7, p. 9) gibt für das Holz von *Pinus silvestris* eine Schicht luftführender Scheidenzellen und ausserhalb dieser eine verholzte Hülle von Begleitzellen an. Wie MÜNCH zu dieser Angabe kommt, kann ich mir nicht erklären. In den von mir untersuchten Stadien war nirgends eine luftführende Gewebeschicht vorhanden. Es ist mir auch nicht wahrscheinlich, dass sie erst in älterem Holz auftritt, wenn ein so genauer Beobachter wie SANIO (8) schreibt: "Die den Harzgang zunächst umgebenden Zellen bleiben stets dünnwandig und unverholzt, die entfernteren bleiben zwar dünnwandig, einige von ihnen verholzen aber". Auch bei De BARY (9) und in den KNY'schen Wandtafeln sind derartige Zellen nicht erwähnt. An diese unregelmässige Zellgruppe schliessen dann die Holztracheiden an.

1) Auf Längsschnitten durch die Harzkanäle erhält man die Epithelschicht in Längsbildern und in Flächenansicht. Die Bilder der ersten Art sollen im folgenden Längsprofilbilder, die der zweiten Längsflächenbilder heissen.

Bei *Picea* (*P. omorica*, *P. polita*, *P. excelsa*) verholzen die Wände der Epithelzellen im Gegensatz zu *Pinus*, und zwar merkwürdigerweise schon bald nach der Entstehung der Sekretgänge am Cambium, wenn ungefähr 5 - 6 Holztracheiden gebildet sind. In älteren Jahresringen findet man daher bei *Picea excelsa* nur noch verholzte Epithelzellen. Eine entsprechende Verholzung gibt SCHWABACH (10) für die ausgewachsenen Nadeln von *Picea excelsa*, *P. omorica*, *P. pungens* an.

Eine Scheide ist bei *Picea* ebenso wie bei *Pinus* im Holz nicht ausgebildet. Die an das Epithel angrenzenden Parenchymzellen, die in geringer Zahl (3 - 4) mit dem Kanal am Cambium entstehen, verholzen gleichfalls sofort und sind dann auf Querschnitten nicht mehr von den Holztracheiden zu unterscheiden. Die Gänge von *Picea* unterscheiden sich dadurch sowohl von den Rindengängen als auch von den Holzgängen der untersuchten *Pinus*-Arten. Die Epithelzellen besitzen nach der Verdickung einfache Tüpfel an den Zwischenwänden (cf. HEMPFL-WILHELM p. 41). Da die Verholzung nicht bei allen Zellen gleichzeitig erfolgt, findet man auf Querschnitten an einem Gang zugleich verholzte und nicht verholzte Zellen; die zuerst verholzenden Zellen sind meist die dem Cambium abgewandten.

Bei *Larix decidua* verholzen die Epithelzellen wie bei *Picea*, sie bleiben aber dünnwandig und die Verholzung tritt erst im 2. Jahre der Bildung ein. Eine Scheide fand ich hier gleichfalls nicht; bei Gängen, die direkt am Cambium lagen (Längs- und Querschnitte) schlossen die Epithelzellen unmittelbar und ohne Tüpfelbildung an die Holztracheiden an. Die verholzten Epithelzellen heben sich demnach auf Längs- und Querschnitten von den Tracheiden durch die dünneren Wände deutlich ab.

Die Epithelien der Markstrahl-Harzgänge bestehen bei allen untersuchten Abietineen gleichfalls aus 4 - 6 Zellen. Eine typische Scheide fehlt auch hier; an die Epithelzellen grenzen unten und oben Markstrahl-Parenchymzellen an, während an die Seiten unmittelbar die verholzten Wände der Tracheiden stossen, die gegen die Epithelzellen keine Tüpfel besitzen. Die Epithelzellen bleiben dauernd dünnwandig, auch bei *Picea* und *Larix*, bei denen sie in den Vertikalgängen stark in die Dicke wachsen.

#### ENTSTEHUNG DER SEKRETGÄNGE.

Wenn die Triebe innerhalb der Knospenschuppen eine Länge von 1 - 1,5 cm erreicht haben, zeigen die Hauptgänge bereits an der Basis des Triebes 6 - 7 Epithelzellen im Querschnitte, während im apikalen Teil die jüngeren Stadien liegen. Ebenso findet man an den Nebengängen noch in den gestreckten Trieben die ersten Stadien der Entstehung des Kanal-Lumens. Die jungen Kanäle scheinen durch Auseinanderweichen nebeneinander liegender Rindenparenchym-Zellen zu entstehen, nicht wie MAYR in allerdings unklarer Weise angibt durch Teilung einer gemeinschaftlichen Mutterzelle. An der Bildung beteiligen sich meist 4 Zellen.

Im Holz der untersuchten Abietineen entstehen die Gänge direkt am Cambium im Herbstholz und liegen der Jahrringgrenze stark genähert. Wenige Zellen vom Cambium entfernt liegen Gänge, wie sie MAYR (l.c. tab. III, fig. 20) abbildet, sind schon als fertige Gänge aufzufassen und nicht als Entstehungsbilder. Bei *Picea excelsa* fand ich vor der Bildung der Gänge im Durchschnitt 9 - 12 Kreise von Früh- und Spätholz ausgebildet, bei *Picea omorica* an kräftigen Zweigen 10 - 20, an schwächeren 6 - 7. Gleiche Zahlen ergaben sich auch für *Pinus silvestris* und *Larix*. Doch waren sie überall für die einzelnen Jahresringe verschieden und wohl von der absoluten Jahresringbreite abhängig. Auch die Zahl der Harzgänge, die in einem Jahre gebildet wurden, schwankte je nach der Stärke des Triebes im Gegensatz zu der Regelmässigkeit der Zahl und der Anordnung in der primären Rinde. So fanden sich in kräftigen Trieben von *Picea excelsa* 10 - 12 Harzgänge, bei *Larix decidua* im 1. Jahre 8 - 12, im 2. Jahre 9 - 15 u.s.w., ebenso bei *Pinus silvestris*. Beim Entstehen der Harzgänge sah ich bei *Pinus* meist 3 Zellen auseinanderweichen, das Vierzellstadium fand sich dann erst als Erweiterungsstadium der Gänge. Die Gänge von *Larix* behalten dauernd 4 Epithelzellen, bei *Picea* und *Pinus* tritt Vermehrung auf 5 - 6 Zellen ein.

## BILDUNG DES SEKRETES.

## I. DIE "RESINOGENE SCHICHT".

Eine resinogene Schicht fand ich bei keiner der untersuchten Gattungen in den Rindenkanälen. Auch in den jüngsten Knospenstadien war keinerlei schleimartiger Inhalt in den Kanälen vorhanden. Ebenso fand ich keine im dem sich eben bildenden Lumen der Holzgänge bei *Pinus silvestris*. An Längsschnitten z.B., die ich durch Knospen von *Abies cephalonica* machte (fixiert Mai 1922, Trieblänge 1,5 cm, Knospenschuppen noch vorhanden) war das sich eben bildende Kanal-Lumen von einem homogenen Harzfaden erfüllt, der dicht den Epithelzellen anlag, sodass sich kein Zwischenraum zwischen beiden fand. Das Harz war dabei nicht ausgeflossen, da ich die Knospen unterhalb des Knotens abgeschnitten hatte und so in dem Trieb vollkommen geschlossene Gänge vorhanden waren. Gleiche Bilder erhielt ich auch von frischem Material von *Abies cephalonica*, sowie bei fixiertem und frischem von *Picea excelsa* und *Pinus silvestris*. An älteren Gängen fand ich gleichfalls keine resinogene Schicht, vielmehr erfüllte auch hier der Harzfaden an genügend dicken Schnitten das Lumen vollständig.

## II. AUFTRETEN DES SEKRETS IN DEN EPITHELZELLEN.

## a. Rinde.

Die Rindengänge sind an Zweigen, die am Ende der Vegetationsperiode (September) fixiert werden, fertig ausgebildet. Die Gänge in älteren Jahrestrieben (2 und 3-jährigen) zeigten keine wesentlichen Unterschiede gegen diese, ausser dass durch die Dickenzunahme der Zweige bedingte Veränderungen der Gestalt erfolgten. Die im 1. Jahr zunächst runden bzw. in radialer Richtung elliptischen Gänge (*Abies cephalonica*) sind im 2. und den folgenden Jahren in radialer Richtung zusammengedrückt. Eine Veränderung der einzelnen Epithelzellen war bei 2-jährigen Gängen (*Picea polita*) gegen das ausgewachsene, einjährige Stadium nicht zu beobachten. Es wurden daher mehrjährige Zweige nicht eingehender untersucht, sondern nur der letzte Jahrestrieb vom Beginn des Treibens bis zum Abschluss des Wachstums.

Innerhalb der Knospenschuppen erreicht die Triebaxe durchschnittlich eine Länge von 0,5 - 1,5 cm (*Abies cephalonica*, *A. Veitchii*, *Picea excelsa*). Solche Knospen wurden Mitte Mai 1922 teils in fixiertem Zustande, teils frisch untersucht. In diesem Stadium fand sich die Anlage der Harzkanäle. Zur Untersuchung der Verhältnisse während der Streckung mussten im Sommer 1921 die jungen Triebe von Mai bis Juni untersucht werden (Sommer 1922 hatte sich die Streckung durch späteres Austreiben auf den Juni verschoben). Die im Juli bzw. September 1921 fixierten Triebe lieferten die ausgewachsenen Harzgänge.

Zunächst wurden die Untersuchungen an fixiertem Material ausgeführt; im Sommer 1922 dann noch frisches Material verglichen.

I. *Pinus silvestris*.

An der Knospe (fixiert Mai 1922, Länge 2 cm, Schnitte in der Mitte geführt) waren die Gänge in Anlage begriffen, sie zeigten im Querschnitt 4 - 5 Zellen, die stark nach dem Kanallumen vorgewölbt waren, aber noch ein Kanallumen, das 1 bis 1 1/2 Zellen entsprach. Das Plasma der Epithelzellen war noch ganz homogen mit grossem Zellkern und ohne Vakuolen. Diese Epithelzellen zeigen im Gegensatz zu den Angaben MAYR's und TSCHIRCH's Harztröpfchen, die mit dem angewandten Fixierungsmittel (Kupferazetat conc.) gleiche Färbung angenommen haben wie der Harzfaden im Kanallumen. Die Tropfen liegen auf Querschnitten, wo sie allerdings verhältnismässig schwer zu erhalten sind, auf der dem Kanal zugewandten Seite des Protoplasten ("Sekretfeld, cf. HANNIG 1922, p. 399) in der Vorwölbung der Membran. Längsschnitte zeigen auf Profilbildern die Tropfen ebenfalls auf der Oberfläche des Proto-

plasten liegend, auf der dem Kanal zugewandten Seite. Der Protoplast hat sich bei der Fixierung etwas kontrahiert. Auf Flächenbildern liegen die Tropfen auf der Oberfläche des Protoplasten. Es handelt sich bei diesen jungen Stadien um verhältnismässig kleine Tropfen, die deutlich nur bei Anwendung von Immersion zu sehen sind. An den Profilbildern (Fig. 1) sind die Tröpfchen am besten zu erkennen; sie

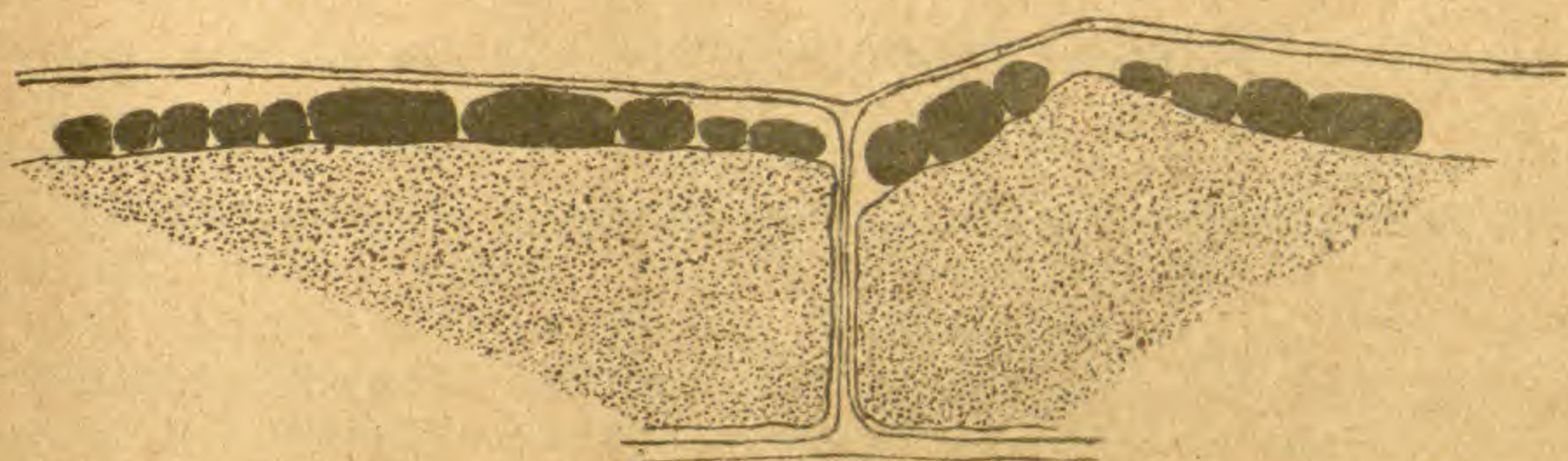


Fig. 1. *Pinus silvestris*. Knospe 1922, Länge 1,5 cm.  
Fix. Mai 1922. Profilbild. Z. C. O. 8/1/12.

liegen hier nebeneinander, meist von verschiedener Grösse, sind gewöhnlich nicht kugelig, sondern in Richtung Protoplast-Membran abgeplattet. Oft trifft man auch grössere Harzdecken, die wohl durch Zusammenfliessen von Einzeltröpfchen entstanden sind. An im Juni fixiertem Material (1921, 1922, Längs-

streckung sehr stark, Länge des Triebes durchschnittlich 10 - 20 cm) finden sich nur wenige Tropfen in den Epithelzellen. Auch bei den jungen Harzgang-Stadien waren die Tropfen nicht in allen Zellen vorhanden, doch überwogen dort die Zellen, welche Harztröpfchen führten, die andern. Bei den in Streckung begriffenen Gängen hat sich das Verhältnis umgekehrt, und es finden sich nur vereinzelt Zellen, welche die Tropfen zeigen. An ausgewachsenen Trieben von *Pinus silvestris*, die im September 1921 fixiert waren, hat sich der Protoplast zu einem dünnen Schlauch umgewandelt, der meist in der Nähe der Kanalmembran den Zellkern erkennen lässt.

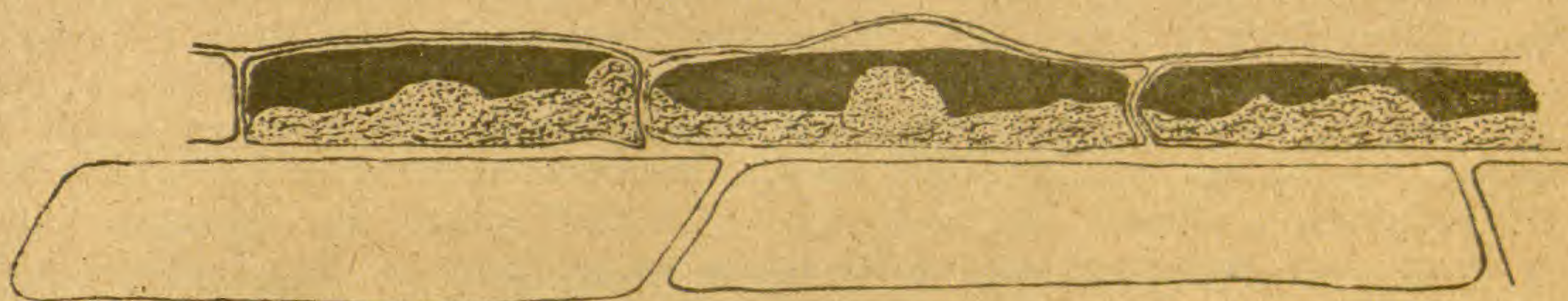


Fig. 2. *Pinus silvestris*. Profilbild im ausgewachsenen Rindenhauptgang.  
Fix. Sept. 21. 2/1/12.

Der Harzgehalt ist in diesen Zellen ganz bedeutend. Auf Profilbildern (Fig. 2) bildet das Harz eine gleichmässige Schicht über dem Protoplasten, die auch hier dem Kanallumen zugewandt ist. Auf Flächenbildern ist an vielen Zellen eine gleichmässig blaue Decke zu beobachten, in der sich jedoch zuweilen Spalten zeigen. Auch ist meist in der Mitte eine Lücke, die den Zellkern, der sich mit der dem Kupferazetat zugesetzten Chromsäure dunkelgelb gefärbt hat, durchscheinen lässt. Auf Querschnitten ist der Protoplast auf einen dünnen Wandbelag zurückgedrängt, der meist keinen Zellsaft-Raum mehr erkennen lässt. Der ganze übrig bleibende Teil der Zelle ist von Harz erfüllt.

Vergleicht man das Auftreten der Tröpfchenbildung in den verschiedenen Entwicklungsstadien der jungen Triebe, so kann man ein Abnehmen der Harzmenge zur Zeit der Streckung, ein Zunehmen nach Beendigung des Gesamt-Wachstums der Harzkanäle feststellen. Dies Verhalten ist wohl durch den verschiedenartigen Bedarf an Sekret für die Füllung der wachsenden Harzkanäle zu erklären. In den Gängen der Knospe überwiegt die Sekretbildung der Epithelzellen über die Erweiterung des Kanallumens. Das Sekret tritt darum in sichtbarer Form in den Epithelzellen auf. Das Stre-

ckungswachstum bringt eine plötzliche, starke Erweiterung des Kanal-Lumens mit sich, sodass es nicht zur Ansammlung von Sekret in den Epithelzellen kommen kann. Nach Beendigung der Wachstumsperiode, an den im September fixierten Trieben, sieht man dann in den Zellen wieder reichlich Harz angesammelt, da eine weitere Vergrößerung des Kanal-Lumens nicht mehr stattfindet. Es macht den Eindruck, als ob die jetzt gespeicherten Sekretmassen Reserven zur Neufüllung der Harzkanäle nach einer eventuellen Verwundung darstellen.

## II. *Picea excelsa*, *Picea polita*.

In der Rinde von *Picea* zeigen sich die gleichen Verhältnisse wie bei *Pinus silvestris*, nur ist der Harzgehalt der Epithelzellen nie ein so grosser. In den jungen Knospenstadien der Gänge waren die Tropfen wie bei *Pinus* in Profilbildern auf dem Sekretfeld zwischen Protoplast und Membran gelagert. Die Tropfen sind auf Flächenbildern jedoch kleiner als die von *Pinus*. Während des Längenwachstums tritt gleichfalls ein tropfenfreies Stadium auf. An ausgewachsenen Trieben ist dagegen wieder reichlich Harz innerhalb der Zellen vorhanden. Das Aussehen von Protoplast und Harz entspricht dem bei *Pinus*, nur tritt nie eine so vollkommene Überdeckung durch Harz ein. An Schnitten durch mehrjährige Triebe von *Picea polita* fand ich jedoch in Längsflächenansicht Zellen, in denen das Harz den ganzen Protoplasten bedeckte. Auf Querschnitten waren im übrigen die Bilder der Epithelzellen von *Picea polita* in den Jahrestrieben 1920 und 1919 die gleichen wie bei 1921.

Mit den Knospen von *Picea excelsa* 1922 führte ich dann auch Färbungsversuche mit frischem Material aus. *Pinus silvestris* war wegen des grossen Harzgehaltes nicht dafür geeignet. Bei *Picea excelsa* zeigte sich auf Quer- und Längsschnitten zwar gleichfalls das Harz des Fadens als sehr lästig, da es beim Anfertigen der zur Untersuchung nötigen, dünnen Präparate über den ganzen Schnitt verstreut wurde. Doch liess sich aufgrund der Kenntnis des fixierten Materials dieses Harz von dem der Epithelzellen unterscheiden. Diese hatten auch hier ihre Lage auf dem Protoplasten (bei Längsflächenbildern) oder zwischen Protoplast und Membran (bei Längsprofilbildern), während die verschmierten Tropfen im Zellsafttraum der umliegenden Parenchymzellen und auf Membranen zerstreut lagen und sich beim Drücken mit einer Nadel auf das Deckglas bewegten. Sie waren dazu von Kugelgestalt, während die Tropfen der Epithelzellen, ihrer Lage entsprechend, mehr abgeplattet und unbeweglich waren. Da an zahlreichen Zellen der Knospen sich beim Schneiden die Tropfen nicht zeigten, vielmehr der milchig-trübe Protoplast der Membran dicht angelegt war, so wurden plasmolytischen Versuche ausgeführt um den Protoplasten zur Kontraktion zu bringen. Dazu verwendete ich eine 10%ige Zuckerlösung. Ich konnte nun in vielen Fällen beobachten, dass nach der Kontraktion auf den Protoplasten Tropfen lagen, die sich bei Behandlung mit Alkanna oder Sudan rot färbten. Der häufigste Fall war auch hier, dass die Tropfen auf dem Sekretfeld lagen. Doch fanden sich auch vereinzelt Zellen, die Tropfen in der Vakuolen-Wand (die Vakuolen waren an einzelnen Zellen in Bildung begriffen) dem Zellsaft-Raum zugewandt zeigten. Bei der Plasmolyse sah ich manchmal kleinere Tropfen zu grösseren Harzmassen auf dem Sekretfeld der Epithelzellen zusammenfliessen.

Die Lagerung der Harztropfen bei fixierten Zellen auf dem Sekretfeld ist also ein Kunstprodukt. Sie kommt wie bei der Plasmolyse zustande durch die Kontraktion des Protoplasten; sie lässt nur erkennen, dass die Harztropfen sich alle am Sekretfeld abscheiden, nicht aber ob sie dort schon ausserhalb der Hautschicht des Protoplasten liegen oder etwa in oberflächlichen Sekretvakuolen, die beim Fixieren zerreißen und das Sekret frei über die Oberfläche des Protoplasten treten lassen.

## III. *Abies cephalonica*, *A. Veitchii*, *A. grandis*.

Knospen von 1922 von *Abies cephalonica* zeigten die Sekrettröpfchen besonders gut. Hier nimmt jedoch der Harzgehalt der Epithelzellen nach Beendigung des Längs-

enwachstums nicht so bedeutend zu wie bei *Pinus silvestris*. Das Harz färbt sich bei *Abies grandis* heller und mit einem mehr grünen Ton als bei den anderen Abietineen, was besonders an den im Mai / Juni 1921 fixierten Zweigen beobachtet wurde. Es scheint demnach von anderer chemischer Zusammensetzung zu sein. Plasmolyse-Versuche zeigen auch Tropfen auf dem Sekretfeld.

#### IV. *Larix decidua*.

*Larix* zeigt an den Epithelzellen der hohlkugelartigen Sekretbehälter ("Harzlücken") gleiche Bilder wie die untersuchten *Pinus*-Arten. Der Harzgehalt der Epithelzellen ist an den älteren Lücken, die in 3- und 4-jährigen Langtrieben liegen, sehr gross. An den jüngeren Lücken, die noch dem Cambium näher liegen, ist er dagegen geringer und hat hier noch die Form einzelner Tröpfchen in den Epithelzellen.

#### b. Holz.

Die Harzgänge im sekundären Holz entstehen erst nach der Längsstreckung des Triebes. Wenn der Cambiumring sich geschlossen hat, und mehrere Zellreihen Holztracheiden gebildet sind, dann treten am Cambium die Harzgänge auf. Die Gänge von *Pinus* behalten für mehrere Jahre (2- und 3-jährige Zweige untersucht) das gleiche Aussehen, während bei *Picea* und *Larix*, wie oben erwähnt, Verholzung eintritt.

#### I. *Pinus silvestris*, *P. Cembra*.

Bei *Pinus* finden sich ausser diesen Gängen, die am Cambium liegen, oder bei älteren Zweigen an der Jahresringgrenze, noch solche in den primären Gefässbündeln, die, abgesehen davon, dass sie aus Parenchymzellen des primären Holzteiles entstehen, in der Entwicklung und im Aussehen der Epithelzellen sich nicht von den übrigen Holzgängen unterscheiden. Die jungen Sekretgänge lassen sich schon vor der Ausbildung der Interzellular-Kanäle durch ihre Gestalt und Anordnung mit Sicherheit erkennen. An den jungen Sekretgängen fand ich schon vor der Entstehung

des Kanal-Lumens Sekret in den Zellen. Das steht in Widerspruch zu den Angaben MAYR's, der ein Auftreten von Sekret in den Epithelzellen vor der Bildung des Kanals leugnet. Er sagt (11) : "Behandelt man in statu nascendi befindliche Harzgänge, also die Gänge des sich eben bildenden Jahrestriebes oder Jahrringes mit Überosmiumsäure, so zeigt sich einmal, dass der Kanal selbst von dem ersten Beginn der Zwischenzellraum-Bildung an mit Harz so erfüllt ist, dass dieses sich in einem Zustand der Spannung befindet, dann, dass der Inhalt der Auskleidungszellen des Kanales keine Spur von tropfbar flüssigem, sichtbarem Harze enthält, ebenso wenig ist Stärke nachweisbar. Die ersten Spuren von sichtbarem Harze innerhalb der Kanalzellen treten in dem Augenblick auf, in dem der Harzgang sein definitives Lumen erreicht hat, also für weitere Aufnahme von Harz nicht mehr fähig ist". Diese Angaben führt auch TSCHIRCH gegen N. J. C. MÜLLER in's Feld. Eine Verteilung des Harzes auch in den umliegenden Zellen, wie sie N. J. C. MÜLLER (12) angibt, fand ich an fixiertem Material nicht. In den Epithelzellen ganz junger

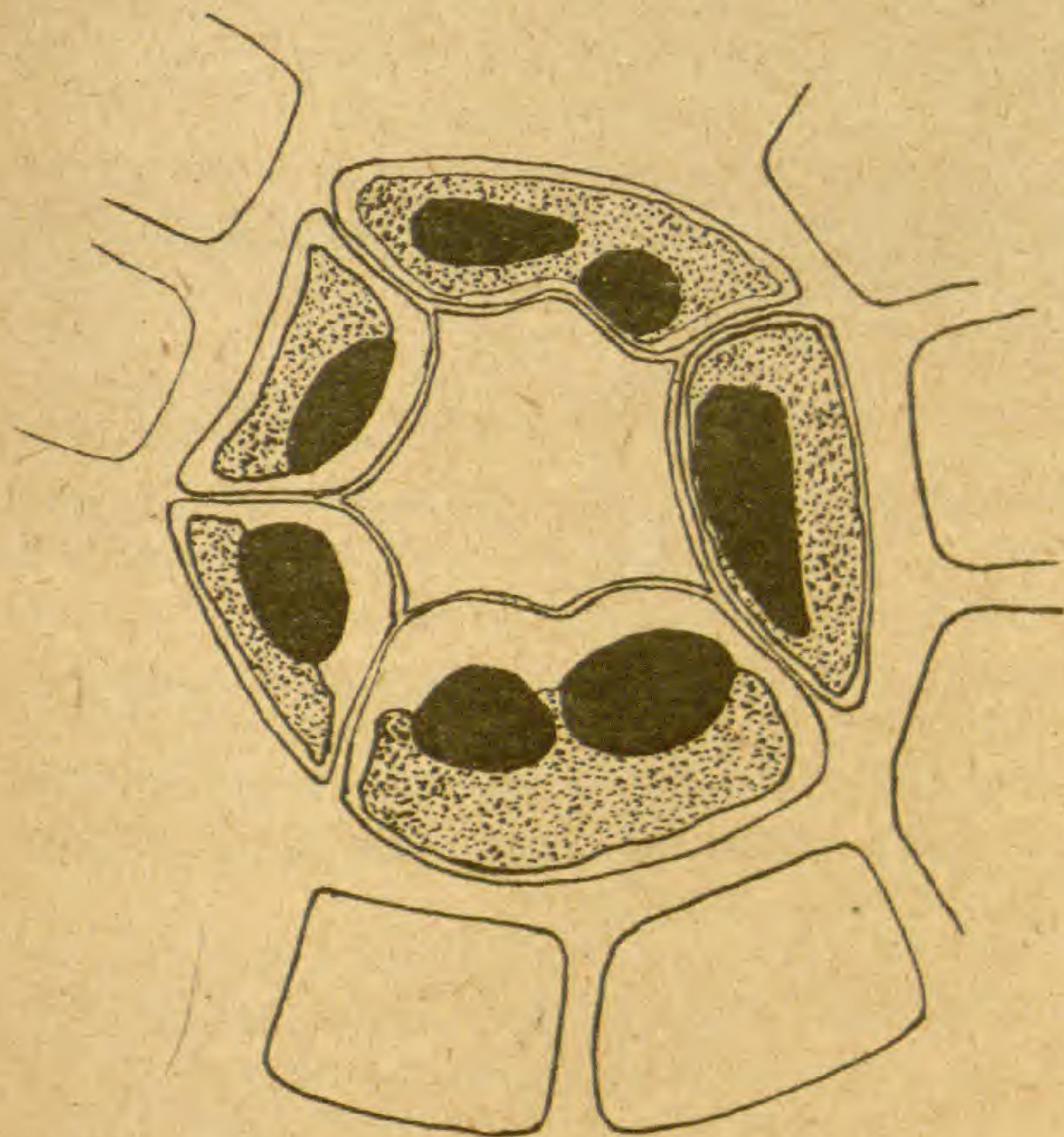


Fig. 3. *Pinus silvestris*. Querschnitt eines vertikalen Holzganges (3 - 4 Zellen vom Cambium). Fix. Sept. 1921. Z 3 / 1/12.

Gänge, die erst aus 3 Zellen bestanden und noch kein Lumen zwischen sich erkennen liessen, fand ich jedoch Harztropfen. Diese lagen allerdings nicht immer, wie in der Rinde, ausserhalb des Protoplasten, sondern meist in den Protoplasten eingebettet oder sogar dem Zellsaft-Raum zugewandt. Ebenso häufig zeigten die Zellen aber auch in diesem Stadium das Harz auf dem Sekretfeld. Der Harzgehalt der Epithelzellen nahm zu, nachdem das Lumen sich gebildet hatte. Dann fanden sich die Zellen auf Quer- und Längsschnitten deutlich mit Harztropfen und -Decken auf dem Sekretfeld. Das war dann der Fall, wenn die Harzgänge 5 - 5 Zellreihen vom Cambium entfernt waren und im Querschnitt 4 - 5 Zellreihen besaßen. Das Aussehen der Gänge in mehrjährigen Zweigen entsprach dem der Gänge in einjährigen ausgewachsenen Zweigen, ebenso das Aussehen der Epithelzellen in den Gängen der Markkrone. Eine Vorwölbung in den Vertikalgängen, wie sie MÜNCH (14, p. 5) für *Pinus*-Holz angibt, fand ich auch hier an abgeschnittenen Zweigen nicht. Vielmehr zeigten die fertig ausgebildeten Gänge (September 1921 fixiert), auch wenn das Harz ausgeflossen war, das Lumen des Kanals geöffnet. Die Epithelzellen der Markstrahlgänge ergaben gleiche Lagerung des Harzes auf dem Sekretfeld wie im Holze.

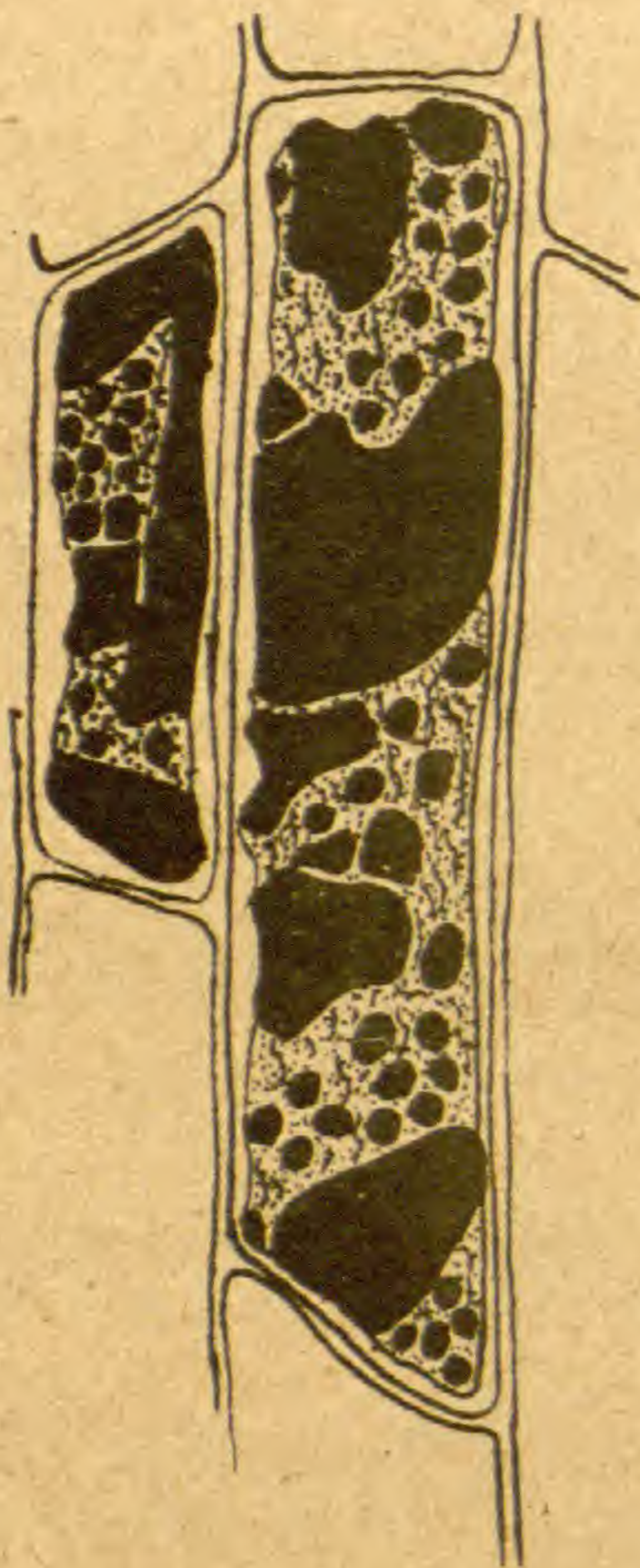


Fig. 4. *Pinus silvestris*. Fix. Sept. 1921. Flächenbild eines Holzganges am Cambium. Z. 4/1/12.

## II. *Picea excelsa*, *P. polita*, *P. omorica*.

Die jungen Vertikalgänge in der Nähe des Cambiums verhalten sich wie diejenigen der *Picea*-Arten, das Harz liegt auf dem Sekretfeld. Einzelne Gangzellen verholzen schon direkt am Cambium, wie oben erwähnt wurde, die übrigen, wenn sie 4 - 5 Tracheenreihen davon abgerückt sind, doch schwanken die Zahlen je nach der Art und dem einzelnen Gang. *Picea omorica* besitzt noch im zweijährigen Holzgang vereinzelt dünnwandige Epithelzellen. Die verholzten Zellen sind oft ganz von Harz erfüllt, oder es finden sich nur noch einzelne Harztropfen darin, daneben ganz geringe Reste von Plasma. Die Markstrahl-Gänge haben gleiches Aussehen wie bei *Pinus*, das Harz liegt in den Zellen ebenfalls auf dem Sekretfeld.

## III. *Larix decidua*.

Die vertikalen Gänge verholzen gleichfalls (siehe oben). Im ersten Jahre ihrer Bildung sind sie jedoch dünnwandig und unverholzt und zeigen auf Quer- und Längsschnitten gleiche Bilder der Epithelzellen wie die ausgewachsenen Gänge von *Pinus*. Dreizellstadien beobachtete ich hier nicht. Die Tropfen-Lage war an den fertigen Gängen eindeutig auf dem Sekretfeld, dem Kanal zugekehrt.

Zum Schluss sei noch bemerkt, dass ähnlich wie bei den Coniferen-

Nadeln (HANNIG, 5 p. 106) in den Gängen von Holz und Rinde Epithelzellen sich fanden, die ganz mit Harz gefüllt waren und kein Plasma mehr enthielten, doch handelt es sich dabei wohl um pathologische Vorkommnisse.

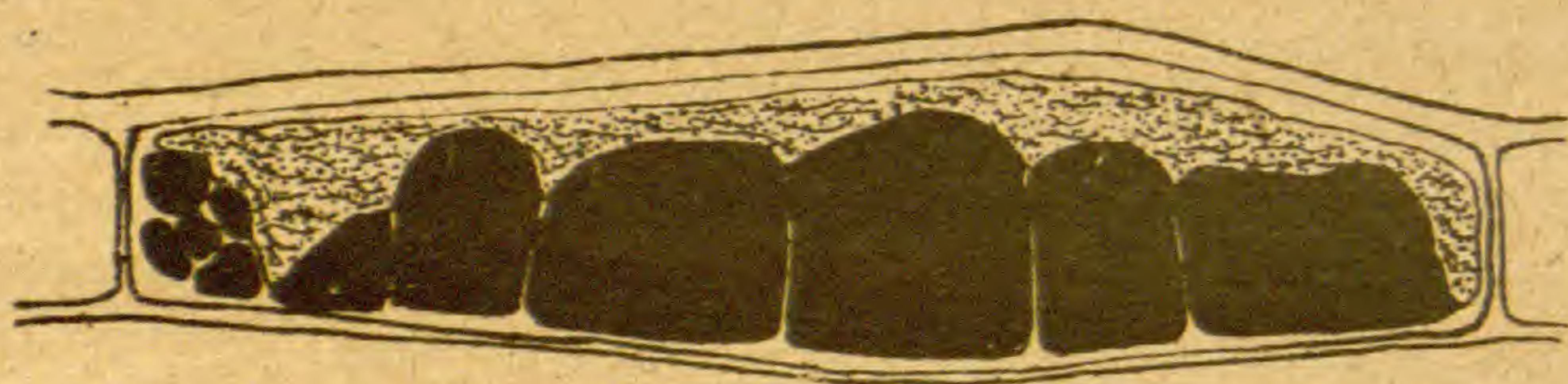


Fig. 5. *Pinus silvestris*. Fix. Sept. 1921. Epithelzelle eines Holzganges am Cambium. Profilbild. Z. 4/1/12.

MIKROCHEMIE DER HARZTROPFEN.

Das als Färbungsmittel hauptsächlich angewandte Kupfer-Azetat wird auch von TSCHIRCH und TUNMANN (13) als das geeignetste angegeben. Es ist aber durchaus kein eindeutiges Reagens auf Harz, da es z.B. auch Wachsorten färbt. Von Alkanna und Sudan gilt das gleiche. Da es bis jetzt wenigstens weder Farb- noch andere Reagentien zum Nachweis von Harzsubstanzen gibt, lässt sich die Natur der Tröpfchen nicht in der Weise bestimmen, dass man untersucht, ob sie harzartiger Natur sind, sondern nur so, dass man festzustellen sucht, ob sie mikrochemisch mit dem Inhalt der Harzgänge übereinstimmen, wobei zugleich auf das verschiedene Verhalten von Harzsubstanzen einerseits, und besonders Fetten und ätherischen Ölen andererseits zu achten ist.

Ich untersuchte daher das Verhalten von Harzfaden und Harztröpfchen der angegebenen Pflanzen in Holz und Rinde gegenüber den verschiedensten Reagentien. Der Kürze halber führe ich für die Ergebnisse der Reaktionen immer nur ein typisches Beispiel an; nur wenn sich Unterschiede im Verhalten zeigten, sollen diese besonders aufgeführt werden. Die Versuche liessen sich in der Mehrzahl in einem Tage ausführen; dauerten sie länger, so wurden die Schnitte in kleine Schalen mit dem zu untersuchenden Reagens gelegt und zur Beobachtung auf den Objektträger gebracht.

Zur Untersuchung von Harzen, Fetten und ätherischen Ölen kann ihre Löslichkeit in verschiedenen Lösungsmitteln benützt werden (13, p. 155, 255). So ist z.B. Fett in verdünntem und absolutem Alkohol unlöslich. Harz und ätherische Öle lösen sich jedoch schon in verdünntem Alkohol. In Chloroform und Äther lösen sich Harze sowie auch Fette und ätherische Öle. Dagegen ist Fett wieder unlöslich in wässrigem Chloralhydrat und in Eisessig, Harze und ätherische Öle sind darin löslich. Harze lösen sich im Gegensatz zu Fetten auch in ätherischen Ölen, z.B. Terpentinöl. Als wichtigstes Mittel zur Unterscheidung von Harzen und Fetten kommt die Verseifungsmethode in Betracht (13, p. 154, 14, p. 108). Fette werden durch Zusatz von Kalilauge-Ammoniak unter Bildung von Versifungskristallen verseift, Harze dagegen bei gewöhnlicher Temperatur nicht. Daneben kann man dann noch konzentrierte Schwefelsäure und Salpetersäure benützen, da Harze diesen beiden Reagentien gegenüber sein sehr charakteristisches Verhalten zeigen. In Schwefelsäure ist Fett nicht löslich, Harz färbt sich gelb bis braun und wird gelöst (13, p. 167, 233).

Bei den Lösungsversuchen, die ich unter mikroskopischer Beobachtung ausführte, verhielten sich Harzfaden und -Tropfen den oben angeführten Reagentien gegenüber gleich. Bei *Pinus* (*P. Cembra*, *P. silvestris*) und entsprechend bei den übrigen Pflanzen löste Alkohol 80% den Harzfaden und die Tropfen in einem Tage (die lange Dauer der Lösung hängt mit der Fixierung des Harzes zusammen), Alkohol absol. schon nach wenigen Stunden. In Äther waren Harzfaden und -Tropfen nach 1 - 2 Stunden gelöst, in Chloroform beide nach 24 Stunden. In allen diesen Lösungsmitteln rundete sich der Harzfaden zunächst ab und löste sich dann blasig auf; die Tröpfchen flossen bei Zusatz des Lösungsmittels in den Epithelzellen sofort zu grösseren Tropfen zusammen. Der Harzfaden löste sich bei manchen Präparaten etwas schneller als die Harztröpfchen, was wohl damit zusammenhängt, dass die Tröpfchen in den Epithelzellen eingeschlossen sind, das Lösungsmittel also langsamer zufließen und die gelöste Substanz schwieriger abfliessen kann. Bei Chloralhydrat-Zusatz löste sich der Harzfaden unter Entfärbung zu Tropfen auf, darauf trat nach 3 - 4 Stunden, in *Picea*-Holz schon nach 15 Minuten, Lösung auf. Bei *Pinus silvestris* waren die Tropfen in den Epithelzellen nach 24 Stunden gelöst. Die Tröpfchen entfärbten sich sofort, waren aber trotzdem zunächst noch in den Zellen zu erkennen. Die Lösung in Terpentinöl begann beim Harzfaden sofort und war nach 1/2 - 1 Tag beendet; die Tröpfchen waren erst nach 2 - 3 Tagen aus den Zellen verschwunden. Das Zusammenfliessen zu grösseren Tropfen innerhalb der Zellen wurde bei Terpentinöl gleichfalls beobachtet; der Harzfaden löste sich, indem er zunächst blasig wurde, von aussen her auf, scharfe Bruchkanten der gehärteten Harzfäden rundeten sich bei allen Lösungsmitteln zunächst ab. Bei Terpentinöl konnte die Diffusion aus der Zelle oft recht lange dauern, wie die oben angegebenen Daten zeigen. Um die Lösung zu kontrollieren, brachte ich darum die Schnitte, nachdem es schien, dass das Harz

gelöst sei, wieder in Kupfer-Azetat nach vorheriger Wässerung. Zeigte sich dann nochmals Färbung, so war das Harz mit dem Terpentinöl noch nicht durch die Membran diffundiert. So fand ich, dass erst nach 3 Tagen eine vollständige Auslösung des Harzes aus den Epithelzellen erfolgt war. Ebenso wurden bei den andern Lösungsmitteln die Zellen noch einmal mit Alkanna oder Kupfer-Azetat behandelt. Es zeigte sich dann nach den oben für die einzelnen Lösungsmittel angegebenen Zeiten keine Färbung mehr. Das Harz war also aus den Zellen verschwunden.

Um die Versifbarkeit der Harztröpfchen zu untersuchen setzte ich unter Deckglas Kali-Ammoniak zu. Harzfaden und -Tröpfchen entfärbten sich sofort, der Harzfaden zerfiel in einzelne Tropfen; die Tropfen in den Zellen flossen zu grösseren zusammen. Zur Beobachtung wurden die Präparate mit KRÖNIG'schem Lack eingeschlossen, da nach TUNMANN erst nach 2 - 3 Tagen evtl. die Seifenkristalle auftreten. Ich untersuchte die Schnitte nach 1, 2 und 3 Tagen, ohne an den Tropfen in den Zellen, noch in denen, die sich aus dem Harzfaden gebildet hatten, Verseifungskristalle oder Myelinformen zu finden.

Bei den Versuchen mit conc. Schwefelsäure färbte sich der Harzfaden gelb-dunkelbraun und löste sich dann auf. Ebenso verhielten sich die Tropfen in den Zellen, an denen ich gleichfalls die bräunliche Färbung mit nachfolgender Auflösung beobachtete. In conc. Salpetersäure wurden die Tropfen in den Zellen und die der Fäden vakuolig-blasig, eine Auflösung konnte ich hier nicht beobachten. Aus diesen Untersuchungen ergab sich, dass die Tropfen, die in den Zellen durch das Kupfer-Azetat gefärbt waren, die gleiche chemische Natur besitzen wie das Harz im Kanal-Lumen.

#### ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE.

1. Bei allen untersuchten Arten unterscheiden sich die Holz-Harzgänge von den Rindengängen durch den Mangel einer geschlossenen Scheide. Bei *Picea* und *Larix* verholzen die Epithelzellen sehr bald nach ihrer Entstehung im Cambium.
2. Eine resinogene Schicht findet sich auch in den jüngsten Stadien der Harzkanäle weder im Holz noch in der Rinde.
3. Im Innern der Epithelzellen treten, im Gegensatz zu TSCHIRCH's Angaben, Tröpfchen auf, welche die gleiche chemische Natur besitzen, wie das Harz in den Gängen.
4. In allen Fällen sind diese Harztröpfchen schon in den Epithelzellen der jüngsten Harzkanäle vorhanden.
5. Im Holz von *Pinus silvestris* sind sie sogar schon vor dem Auseinanderweichen der Epithelzellen nachweisbar.
6. In ausgewachsenen Rinden- und Holzgängen sind die Harztröpfchen meist in auffallend grosser Menge angehäuft.
7. Die Tröpfchen liegen, mit wenigen Ausnahmen, auf dem Sekretfeld zwischen Protoplast und Membran.
8. In lebenden Zellen sind die Harztröpfchen nicht zu erkennen solange der Protoplast an die Zellwand angepresst ist, an plasmolysierten Zellen lassen sie sich mit Sudan auf dem Sekretfeld nachweisen.
9. Die Harztröpfchen werden nur im Harzgang-Epithel gebildet, nicht in den angrenzenden Scheiden- oder Parenchymzellen.

#### LITERATUR-VERWEISE.

- (1) TSCHIRCH, in Pringsh. Jahrb. 1893, p. 370 ff. - (2) SCHMIDT, R. H., in Flora 1891, p. 300 - 370. - (3) HELLER in Flora 1904, p. 93. - (4) SCHWABACH in Ber. D. bot. Ges. XVII, 1899. - (5) HANNIG in Ztschr. f. Bot. 1922, p. 385 ff. - (6) MAYR, in Bot. Ztbl. XX (1884) p. 23 ff. - (7) MÜNCH in Arb. Biol. Reichsanst. f. Land- und Forstwissenschaft. X (1919) p. 38. - (8) SANIO in Pringsh. Jahrb. IX (1873), p. 99. - (9) De BARY, Vergl. Anat. - (10) SCHWABACH, l.c. p. 292. - (11) MAYR, in Zeitschr. f. Jagd- und Forstwesen 1893, p. 322. - (12) N. J. C. MÜLLER in Pringsh. Jahrb. V (1867) p. 385. - (13) TUNMANN, Mikrochemie, p. 233. - (14) MOLISCH, Mikrochemie d. Pflanze.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Botanisches Archiv. Zeitschrift für die gesamte Botanik](#)

Jahr/Year: 1923

Band/Volume: [3](#)

Autor(en)/Author(s): Franck Annfried

Artikel/Article: [Ueber die Harzbildung in Holz und Rinde der Koniferen. 173-184](#)