

**Zeitschrift:** Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse  
**Herausgeber:** Schweizerischer Forstverein  
**Band:** 111 (1960)  
**Heft:** 1

**Artikel:** Methoden der Holzmikrotechnologie  
**Autor:** Bosshard, H.H.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-765607>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 28.03.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen Journal forestier suisse

111. Jahrgang

Januar 1960

Nummer 1

## Methoden der Holzmikrotechnologie<sup>1</sup>

*H. H. Bosshard*

Laboratorium für mikrotechnologische Holzforschung, ETH Zürich

### 1. Einleitung

Die Holzforschung ist in den vergangenen Dezennien zu einem intensiven und vielschichtigen Arbeitsgebiet herangewachsen. Dieser Aufschwung steht in engem Zusammenhang mit der raschen Entwicklung der naturwissenschaftlichen Methoden. So konnte sich die Holzchemie zu einem beinahe unüberblickbaren Wissensgebiet ausweiten. Die mechanische Holztechnologie ihrerseits hat gewonnen durch Verfeinerung von Prüfmethode und Entwicklung von statistischen Auswertungsverfahren, und die Holzphysik schließlich bewegt sich derart auf rein naturwissenschaftlichen Pfaden, daß ihre Experimentierkunst nur noch durch direktes Eingreifen der Physiker gefördert werden kann. — Von derselben Welle der Entwicklung sind auch die mikroskopischen Arbeitsmethoden getragen. Ihre Anwendung in der Holzforschung, seit Jahrzehnten mit größtem Erfolg unternommen, wird sich immer mehr zu einer eigenen neuen Arbeitsrichtung herauschälen.

Mikroskopische Holzuntersuchungen sind seit je das Anliegen der Zürcher Schule von Prof. Frey-Wyßling gewesen. Besonders die Holzbiologie ist dadurch stark gefördert worden. Prof. Frey-Wyßling hat aber auch immer wieder darauf hingewiesen, wie fruchtbar sich das Einbeziehen technologisch wichtiger Fragen in den Untersuchungskreis der mikroskopischen Holzforschung auswirkt. Es ist deshalb nicht verwunderlich, daß gerade diese Arbeitsrichtung in Zürich einen besonderen Akzent erhalten hat in der Begründung eines Laboratoriums für mikrotechnologische Holzforschung an der Eidg. Technischen Hochschule.

---

<sup>1</sup> Vortrag gehalten an der Dreiländer-Holztagung in Wien am 18. Juni 1959.

In der mikrotechnologischen Holzforschung soll versucht werden, Fragen der allgemeinen Holztechnologie in den mikroskopischen Untersuchungsbereich zu ziehen und sie hier mit den aus der Biologie bekannten mikroskopischen Methoden zu bearbeiten. — Wir erwarten, daß diese Arbeitsweise eine wesentliche Ergänzung zur Makrotechnologischen sein kann. Eine enge Verzahnung und intensive Zusammenarbeit der beiden Forschungsrichtungen muß somit als erste Voraussetzung zum guten Gelingen bezeichnet werden.

Neue Forschungsgebiete oder neu bezeichnete Arbeitsrichtungen werden meist zunächst mit gewisser Skepsis beobachtet. In unserem Falle können Bedenken dieser Art leicht zerstreut werden mit einem Hinweis auf die Mannigfaltigkeit der wissenschaftlichen Anstrengungen, die in diesem Arbeitsgebiet in beinahe allen Ländern erfolgt sind, wo die Holztechnologie überhaupt Fuß gefaßt hat. Zur Bekräftigung dieser Aussage möchte ich zunächst einige wenige Arbeiten aus den drei hauptbeteiligten Ländern unserer Tagung nennen, die deutlich der Holzmikrotechnologie zugeordnet werden können. Damit soll das Hauptanliegen der neubenannten Arbeitsrichtung noch besser formuliert werden in der Hoffnung, daß es gelingen möge, Ihr volles Vertrauen für die Holzmikrotechnologie zu gewinnen.

Es sei mir gestattet, zunächst diejenigen Arbeiten zu erwähnen, die in unserem Gastland und vor allem hier in Wien entstanden sind. Ich denke da an die umfangreichen mikroskopischen Holzuntersuchungen von Prof. Kisser. Unter seiner Leitung sind die verschiedensten Probleme der Mikrotomie des Holzes und der Holzwerkstoffe besonders eingehend geprüft worden. So liegen viele Veröffentlichungen vor, die auf bestimmte Feinheiten der Präpariertechnik hinweisen, speziell im Zusammenhang mit der Analyse von technisch überbeanspruchtem Holz oder mit Untersuchungen über die Beanspruchung des Holzes beim Schneiden im Mikrotom.

In Deutschland erfordert vor allem die Forschungsarbeit von Prof. Mayer-Wegelin unsere Aufmerksamkeit. Sie mögen es dem vorangegangenen Referat schon entnommen haben und können es an einer ganzen Reihe von Publikationen überprüfen, wie nahe die Holzmikrotechnologie an die Holzbiologie anschließt. Prof. Mayer-Wegelin erforscht vor allem das letztgenannte Gebiet, er hat aber auch zur Förderung der mikrotechnologischen Holzforschung entscheidend beigetragen. Ich erinnere nur an die von ihm entwickelte konstruktive Lösung eines Härtetasters zur Untersuchung von Jahrringbau und Holzgefüge; das Gerät erlaubt, mit Hilfe einer Tastnadel Härteunterschiede in kleinsten Bereichen zu erheben. — In jüngster Zeit sind in Deutschland ferner in Karlsruhe unter den Händen der Dres. Plath Arbeiten entstanden, die sich hauptsächlich der Furnier- und Sperrholztechnik zuwenden, und in denen mikrotechnologische Forschungsmethoden zur Anwendung gelangen: beispielsweise die

mikroskopischen Untersuchungen gedämpfter Rotbuchen oder teilweise auch die Arbeit über die Oberflächenbeschichtung von Holzwerkstoffen.

In der Schweiz dürfen die Arbeiten Prof. Frey-Wyßlings zur Abklärung der Schwindungsanisotropie als Ausgangspunkt der Holzmikrotechnologie bezeichnet werden. Weitere Arbeiten aus seiner Hand gehören mit in diesen Fragenkreis hinein, so z. B. die eingehenden mikroskopischen Untersuchungen von technisch überbeanspruchtem Holz. — Es sei auch noch auf Untersuchungen von Dr. Lenz, dem Holzbiologen an der Eidg. Anstalt für das forstliche Versuchswesen hingewiesen, und zwar insbesondere auf seine Experimente über die Verwendung der Röntgenographie zu Texturuntersuchungen des Holzes, und aus dem eigenen Laboratorium möchte ich Untersuchungen nennen, die sich mit der Struktur und der Verleimung von Spanplatten befassen.

Soweit der Katalog der Auslese von Arbeiten, die in einem Zeitraum von über dreißig Jahren in unseren drei benachbarten Ländern entstanden sind und die meines Erachtens allesamt der Holzmikrotechnologie zugeordnet werden können. Alle diese Arbeiten befassen sich mit makrotechnologischen Problemen, verwenden jedoch durchweg Methoden, die zur Untersuchung von Mikroprobenkörpern geeignet sind.

## 2. Methoden

### 21. Vorbereitungsmethoden

Nachdem in der Einleitung das Wesen der Holzmikrotechnologie charakterisiert worden ist, möchte ich mich nun der eigentlichen Aufgabe zuwenden und über die Methodik dieses Arbeitsgebietes sprechen. Es drängt sich dabei auf, zunächst diejenigen Methoden zu nennen, dank denen es möglich ist, das Holz mikroskopischen Untersuchungen zu unterwerfen. Ich möchte sie als *Vorbereitungsmethoden* bezeichnen und denke dabei besonders an die Mikrotomie des Holzes. Als sprödes und in jeder Hinsicht heterogenes Material eignet sich das Holz an sich nicht besonders für die Herstellung von Mikroschnitten, so daß in bezug auf Mikrotom und Mikrotommesser ganz besondere Anforderungen gestellt werden müssen. Es ist nun das große Verdienst von Prof. Kisser, daß er diese Problematik zu lösen versucht, und die für alle Mikroskopiker so ausschlaggebenden Resultate in uneigennütziger Weise mitgeteilt hat. Es würde zu weit führen, hier den Tenor der vielen methodischen Arbeiten eingehend zu behandeln. Es sei deshalb nur darauf verwiesen, daß die erwähnten Veröffentlichungen alle notwendigen instrumentellen Ausstattungen auf das Genaueste beschreiben und bis ins Einzelne die Technik der Schnittgewinnung berühren. — Es darf den unermüdlichen Experimentator mit Genugtuung erfüllen, wie die unzähligen kleinen und großen Anstrengungen sich zu einem vollständigen und überaus wertvollen Mosaik zusam-

mengefügt haben. Ich freue mich sehr, an der heutigen Tagung diese methodische Filigranarbeit erwähnen zu dürfen und es sei mir gestattet, Ihnen, sehr geehrter Herr Prof. Kisser, für alle Ihre Bemühungen herzlich zu danken.

Für die Holzmikrotomie eignen sich z. B. Mikrotomtypen der Firma Jung in Heidelberg und der Firma Reichert in Wien. Das Jung-Mikrotom vom Typus K gestattet in seiner sehr massiven Bauweise und dank seinen speziellen Messertypen das Schneiden von sehr harten Materialien. Bei den kurzen Messern ist dabei nicht zu vermeiden, daß sich die Schneiden sehr rasch abnützen und damit für die Wartung besondere Maßnahmen erfordern. Ferner ist die Objekthalterung nicht so vielseitig wie dies beim Mikrotomtyp OmE der Firma Reichert der Fall ist. Hier kann das Objekt in der Neaplerklammer nach allen Seiten ausgerichtet werden. Die Messerhalterung ist ebenfalls so beweglich, daß Schnittwinkel und Einstellwinkel der Härte des Objektes angepaßt werden können.

Viele Hölzer lassen sich schon schneiden, indem man sie entweder direkt vor der Bearbeitung solange in kochendem Wasser hält, bis sie durch und durch erwärmt sind, oder während dem Schneiden mit Dampf besprüht. Steht genügend Zeit zur Verfügung, so kann man die Holzproben auch während Wochen in Gemische von Alkohol/Glycerin einlegen. Dadurch werden die Mittellamellen und teilweise auch die Zellwände plastifiziert, so daß sich derart vorbereitetes Holz relativ leicht schneiden läßt.

Zur Erleichterung des Dünnschneidens werden auch immer wieder verschiedene Einbettungsverfahren vorgeschlagen. Im Prinzip handelt es sich darum, das Holz mit einem Material auszugießen, welches gut in die inneren Hohlräume des Objektes einzudringen vermag und nach dem Erstarren dem Holzgewebe eine entsprechende Festigkeit verleiht. Die in der botanischen Präpariertechnik viel verwendeten Paraffine sind für verholzte Gewebe meist zu weich. Wir verwenden an deren Stelle Carbowachs, ein wasser- und alkohollösliches Polyäthylenglycol, das im Handel in verschiedenen Härten erhältlich ist. Das zu präparierende Holz wird zunächst während etwa zwei Stunden gekocht und hierauf in eine wässrige Carbowachslösung von niedriger Konzentration eingelegt. Innerhalb von 2–3 Tagen kann die Holzprobe durch die Lösungen höherer Konzentration geführt und schließlich in reine Carbowachs-Schmelze eingelegt werden. Bei Verwendung von Carbowachs mit einem Schmelzpunkt von  $63^{\circ}\text{C}$  wird das Präparat etwa für einen Tag im Thermostat bei  $70^{\circ}\text{C}$  gehalten, dann kühlt man es auf Zimmertemperatur ab und gewinnt damit einen schneidefertigen Block. Das Carbowachs dringt verhältnismäßig leicht in das Holz ein und bewahrt dessen Strukturfeinheiten auch während der großen Beanspruchung im Mikrotom. Die gewonnenen Dünnschnitte werden zunächst reichlich gewässert, um alle Wachsrückstände herauszulösen.

Anschließend können sie nach bekannter Art weiterverarbeitet werden. — In Anlehnung an Präparationsverfahren in der Elektronenmikroskopie kann das Holz auch mit Erfolg in Methacrylat eingebettet werden. Nach dieser Methode werden die Objekte vorerst in der Alkoholreihe entwässert und anschließend in Gemische von Alkohol/Methacrylat eingelegt. Nachdem in diesen Gemischen der Alkohol immer weitergehend durch Methacrylat ersetzt worden ist, dürfen die Objekte in reines Methacrylat verbracht werden. Sie müssen solange in der monomeren Lösung bleiben, bis der Polyester vollständig eingedrungen ist. Nach unserer Erfahrung dauert es für Spanplatten z. B. etwa drei bis vier Wochen, bis die imprägnierten Plattenproben in einem verschlossenen Behälter und vollständig umgeben von Methacrylat in den Thermostat gebracht werden können. Bei Temperaturen von 40–45 ° C polymerisiert das monomere Methacrylat in etwa 24 Stunden vollständig, so daß ein Schneideblock entsteht, der durchgehend die gleiche Härte aufweist. Die Härte des Blockes hängt von der Beimischung von härterem Methyl-Methacrylat zum Butyl-Methacrylat ab, und der Verlauf der Polymerisation wird weitgehend charakterisiert durch Art und Menge des zugesetzten Beschleunigers. — Im Dünnschnitt bleibt das Objekt in eine feine Folie von Plexiglas eingebettet. Zur Weiterverarbeitung kann nun dieses Bindemittel mit Xylol oder Amylacetat leicht herausgelöst werden. Es ist aber auch möglich, die Dünnschnitte mit dem Plexiglasfilm zu präparieren; nur darf in diesem Falle kein Kanadabalsam verwendet werden. Hingegen eignet sich hierzu Methacrylat-Lösung, die, mit einem speziellen Beschleuniger versehen, mit Hilfe von UV polymerisiert werden kann. Das flüssige Einschlußmittel löst den festen Film auf, so daß nach wiederholter Polymerisation ein glasklares Präparat entsteht. Die beschriebene Präparationstechnik hat uns besonders bei der Schnitthanfertigung von Spanplatten wertvolle Dienste erwiesen, weil das monomere Methacrylat leicht in den Holzwerkstoff einzudringen vermag.

## 22. *Mikroskopiertechnik*

Bei der Besprechung der Mikroskopiertechnik in der Holzmikrotechnologie möchte ich die üblichen mikroskopischen Beobachtungen im unveränderten Licht und die Anwendung von polarisiertem Licht übergehen. Beide Methoden sind zusammen mit der Phasenkontrastmikroskopie allerdings unentbehrlich für den Mikrotechnologen, sie sind aber als wichtige Elemente in der biologischen Forschung schon lange allgemein bekannt geworden. Mit der Fluoreszenzmikroskopie verhält es sich ähnlich. Im Gegensatz zu den oben erwähnten Hilfsmitteln öffnet sich aber für ihre Anwendung in der Holzmikrotechnologie ein weites Feld von neuen Möglichkeiten: Eine erste Art der Anwendung begegnet uns in Untersuchungen von Prof. Kisser über die primäre Fluoreszenz von unbehandelten und

von wassergekochten Holzproben. Nach der Vorbehandlung der Präparate in kochendem Wasser verschwindet die blaue Eigenfluoreszenz des Lignins in den Zellwänden weitgehend, so daß der Schluß naheliegt, diese primäre Fluoreszenzwirkung des Lignins sei an seine wasserlöslichen Komponenten gebunden. — Besonders erfolgreich werden derartige Untersuchungen sein, wenn über die qualitative Begutachtung hinaus quantitative Beobachtungen erfolgen. — Ein zweites interessantes Anwendungsgebiet für die Fluoreszenzlichtmethode wird sich in der Mikroskopie von Holzwerkstoffen ergeben. Dr. Plath hat allerdings mit seinen Arbeiten über die Oberflächenbeschichtung von Sperrplatten den Nachweis erbracht, daß sich derartige Probleme auch mit färbereichen Methoden und der Verwendung von gewöhnlichen Lichtmikroskopen sehr schön lösen lassen. — Ich möchte aber doch auf die Methoden der Fluoreszenzmikroskopie etwas näher eintreten und einige prinzipielle Bemerkungen dazu anführen. Unter Fluoreszenz, so kann man vereinfacht definieren, hat man die Emission von sichtbarem Licht zu verstehen, wenn ein Objekt mit unsichtbarem UV-Licht angestrahlt wird. Diese Aussendung von Licht, das für unser Auge wahrnehmbar ist, beruht auf einer Transformation der einfallenden Erregerenergie im angestrahnten Objekt. Zu einer solchen Umwandlung sind nicht alle Stoffe befähigt, d. h. nicht alle Substanzen weisen eine Eigen- oder Primärfluoreszenz auf. In diesen Fällen ist es aber meistens möglich, die Präparate mit einem geeigneten Farbstoff, einem sogenannten Fluorochrom, zu färben und auf diese Weise eine Fremd- oder Sekundärfluoreszenz einzuführen. Zu den bekanntesten Fluorochromen gehören beispielsweise das Fluorescein, das Acridinorange und viele andere mehr. Wird nun die Eigenschaft der Sekundärfluoreszenz geschickt ausgewertet, so können in Holzwerkstoffen einzelne Komponenten mit spezifisch wirkenden Fluorochromen markiert werden. Durch geeignete Methoden lassen sich dann diese Elemente beispielsweise im verleimten Holz oder der verpreßten Spanplatte wieder nachweisen. Für die mikroskopische Arbeit mit solcherart vorpräparierten Holzwerkstoffen benötigt man eine spezielle UV-Lichtquelle, die das Erregerlicht erzeugt. Ihr Licht wird durch besondere Erregerfilter auf das Objekt geschickt, wo es die mit Fluorochromen versehenen Substanzen aufleuchten läßt. Sperrfilter vor den Okularen schützen die Augen vor allfällig auftretenden kurzwelligen Strahlen. Wir arbeiten in unserem Laboratorium auf diese Art spezielle Fragen der

---

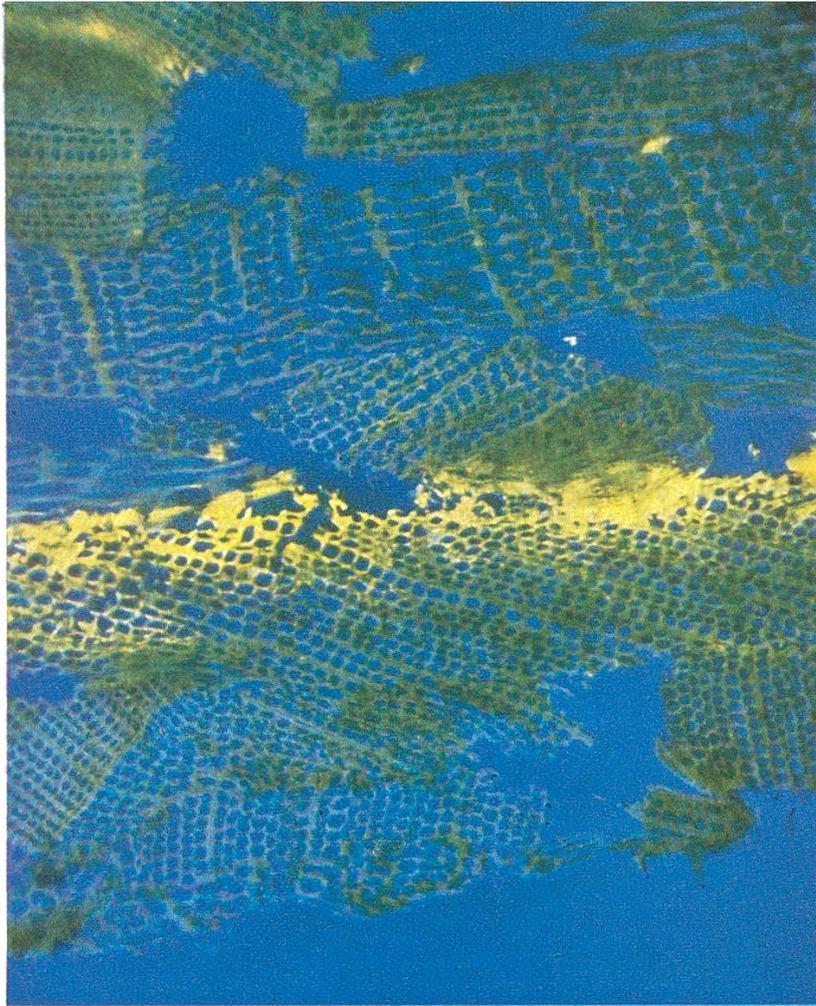
*Abbildung 1*

Fluoreszenzmikroskopische Aufnahme einer Spanplatte, deren Leim mit Coriphosphin angefärbt worden ist. Es handelt sich um eine Probeplatte mit minimalem Bindemittelgehalt. Vergrößerung 30mal.

*Abbildung 2*

Spanplattenverleimung in einer Probeplatte mit sehr hohem Bindemittelanteil. Im Fluoreszenzmikroskop treten die gelben Leimfugen sehr deutlich hervor. Vergr. 30mal.

①



②



Spanplattenverleimung. Zur Sichtbarmachung des Leimes im Fluoreszenzmikroskop sind ganz geringe Mengen des Fluorochroms notwendig. Wichtig ist nur, daß der Farbstoff durch die pH-Änderungen und die Temperatureinflüsse während des Abbindens des Leimes nicht beeinträchtigt wird. — Nach dem Verpressen der Spanplatte werden einzelne Abschnitte nach dem Kunstharzeinbettungsverfahren zu Dünnschnitten präpariert. Das Plexiglas muß dank der geringen Eigenfluoreszenz nicht aus den Schnitten herausgelöst werden, so daß sie, in Glycerin aufgezogen, direkt beobachtet werden können.

Ich möchte hier nicht unerwähnt lassen, daß diese Werkstoffuntersuchungen nur dank der wirksamen finanziellen Hilfe und der guten wissenschaftlichen Zusammenarbeit mit dem Fahrni-Institut für Holzforschung und -verwertung in Gang gebracht werden konnten, und ich möchte auch hier Herrn Fahrni für sein Wohlwollen herzlich danken. Diese Untersuchungen erscheinen mir als besonders geeignet, das enge Ineinandergreifen von Makro- und Mikrotechnologie in der Holzforschung zu belegen.

Im Zusammenhang mit Untersuchungen der Schwindungsanisotropie des Holzes möchte ich nun auf eine Methode näher eintreten, die ebenfalls noch der Mikroskopiertechnik zugerechnet werden kann. — Die Holzschwindung ist lange Zeit lediglich mit Hilfe makroskopischer Messungen untersucht worden. Es hat sich aber gezeigt, daß das Studium von Struktureinflüssen auf die Schwindung besser gelingt mit entsprechenden Messungen an Dünnschnitten. Damit vermeidet man die große Schwierigkeit der inneren Schwindspannungen, die an größeren Probeklötzen immer auftreten und meist den Einfluß einzelner Strukturelemente kaschieren. Es sei hier an Untersuchungen Dr. Chalks und seiner Mitarbeiter in Oxford erinnert, in denen wohl zum erstenmal die Schwindung an Holzsnitten ermittelt worden ist. Die wassergesättigten Präparate sind zu diesem Zweck nach der ersten Ausmessung im Mikroskop tagelang in einem Trockenschrank bei 103 °C getrocknet worden bis die zweite Messung mit Sicherheit in absolut trockenem Zustand durchgeführt werden konnte. Diese Methode ist an sich sehr umständlich und bringt auch gewisse Fehlerquellen mit sich, weil es nicht immer leicht fällt, einmal vermessene Punkte in einem Mikroschnitt nach verschiedenen Tagen wieder aufzufinden. Zur Erhöhung der Meßgenauigkeit wäre es also sehr förderlich, wenn die Schnitte während der Trocknung dauernd im Mikroskop beobachtet werden könnten. Um die Trocknung der Mikroschnitte abzukürzen und gleichzeitig die Meßgenauigkeit zu erhöhen, habe ich seinerzeit einen speziellen Heiztisch für ein Stereo-Mikroskop entwickelt. Dabei wird die Wirksamkeit von hochfrequenten Wechselfeldern, resp. der darin entstehenden Verluste zu Hilfe gezogen. Im Hochfrequenzfeld werden dipolare Moleküle mit hoher Geschwindigkeit immer wieder umorientiert. Dadurch

entsteht Friktionswärme, die für den Elektrotechniker verloren geht, in unserem Falle aber hilft, den Mischkörper Holz/Wasser zu erwärmen. Die Erwärmung erfolgt selektiv, d. h. sie ist verschieden in Wasser und Holz entsprechend dem dielektrischen Verhalten der beiden Substanzen. Wasser erwärmt im Hochfrequenzfeld sehr rasch, Holz nur langsam. Es läßt sich somit eine sehr schonende Trocknung der Holzschnitte erzielen. Die Trocknung erfolgt auf dem Arbeitstisch eines Stereomikroskopes mit genügend großem Abstand zwischen Tisch und Objektiv. Der Tisch wird aus einer Glas- oder Kunststoffplatte gefertigt und mit parallelen Rillen im Abstand von etwa der doppelten Schnittbreite versehen. In diese Rillen kommen zwei Drahtelektroden so zu liegen, daß sie mit etwas mehr als Schnittdicke über die Trägerplatte hinausragen. Die beiden Elektroden werden verbunden mit dem Generator, der nur eine geringe Hochfrequenzleistung zu erzeugen braucht. Zwischen die Elektroden kommen die Schnitte zu liegen. Sie werden bedeckt mit einem Objektträger und können in dem so geschaffenen Raum beim Schwinden sich frei zusammenziehen. Der sich entwickelnde Wasserdampf kann ebenso leicht auf beide Seiten entweichen. Die beiden Okulare des Mikroskopes sind mit senkrecht zueinander orientierten Meßskalen versehen, um die Schwindung der Schnitte während der Trocknung in zwei verschiedenen Richtungen registrieren zu können. Damit sind die Voraussetzungen geschaffen, den *zeitlichen* Verlauf der Schwindung zu verfolgen. In Abbildung 4 wird der Schwindverlauf in tangentialer Richtung des Tangentialschnittes  $\beta_T$  verglichen mit der radialen Schwindung des Radialschnittes  $\beta_R$ . Nach einer bestimmten Zeit, z. B. nach 40 Minuten sind etwa 65% der gesamten Schwindung in Richtung  $\beta_T$  und etwas mehr als 80% der Schwindung in Richtung  $\beta_R$  erreicht. Man kann sich den Unterschied im zeitlichen Verlauf der beiden Schwindungen mit dem verschiedenen Lignifizierungsgrad der tangentialen und radialen Zellwände erklären. — Mit dem HF-Heiztisch können Schwindungsmessungen an Dünnschnitten in zwei Stunden gut beendet werden. Es wird somit möglich, in nützlicher Frist so viele Resultate zu erzielen, wie es für eine zuverlässige statistische Auswertung notwendig ist. Die Trocknungsmethode erhöht also nicht nur die

---

*Abbildung 3*

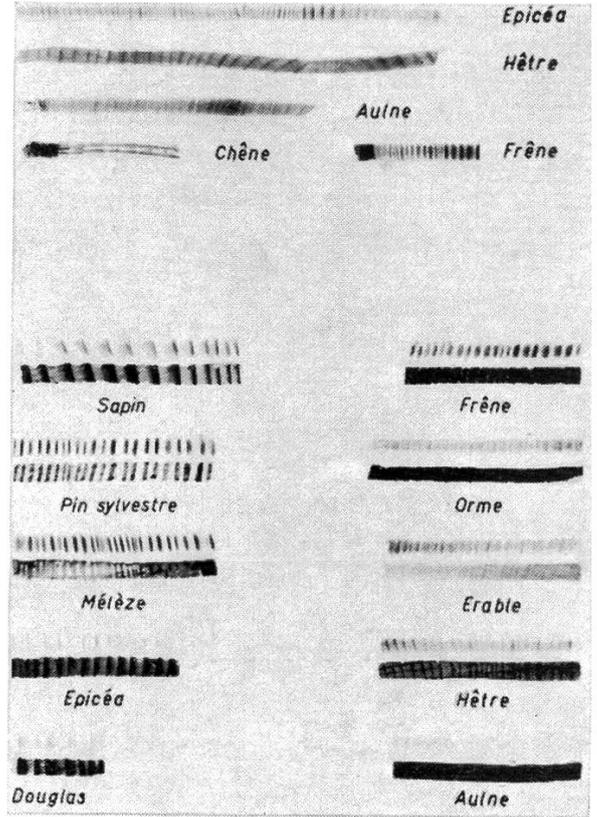
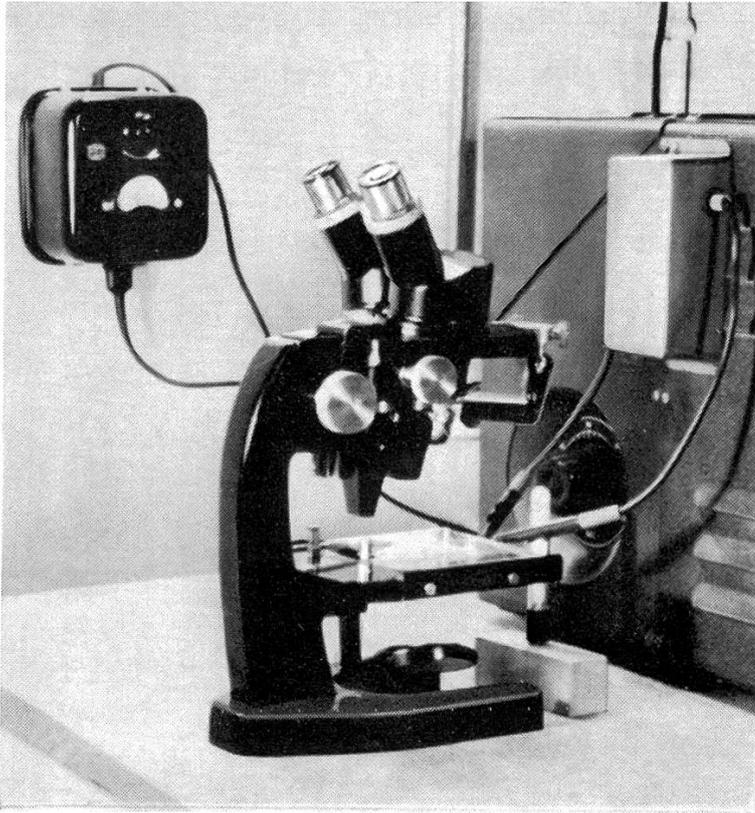
Leitz-Binokular-Mikroskop mit HF-Heiztisch für die Trocknung von Dünnschnitten. Als HF-Quelle dient ein 300-Watt-Philips-Generator. (Aus Bosshard, 1956.)

*Abbildung 4*

Verlauf der Schwindung in Richtung  $T_t$  und  $R_r$  in Dünnschnitten. (Aus Bosshard, 1957.)

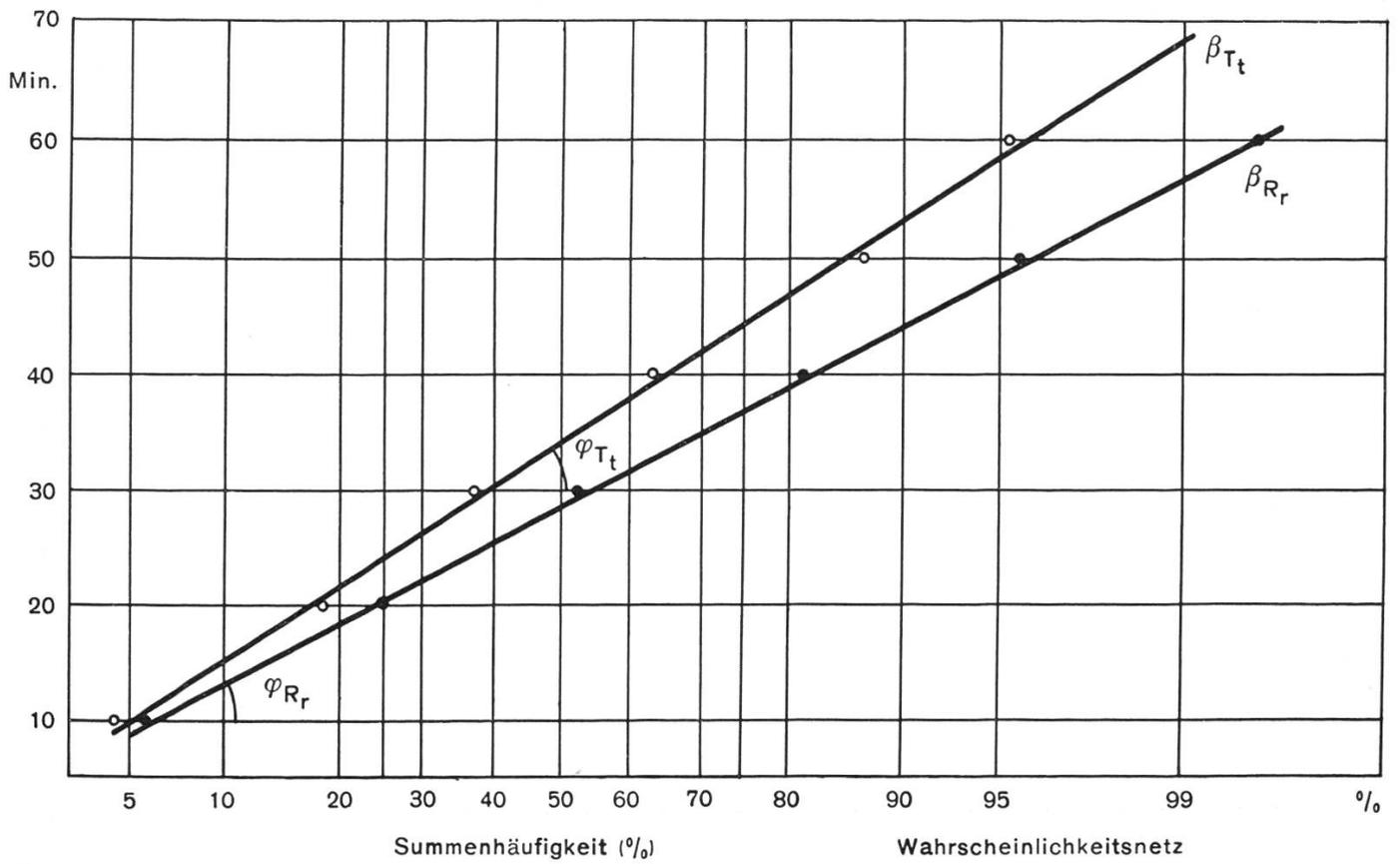
*Abbildung 5*

Demonstration der Verwendung von weichen Röntgenstrahlen zur Jahrringanalyse von Bohrspänen. Im unteren Bildteil sind die Radiographien der Späne verglichen mit entsprechenden Mikroaufnahmen. (Aus Lenz, 1957.)



③

⑤



④

Meßgenauigkeit der einzelnen Werte, sondern sie hilft auch die Zufälligkeit der Resultate weitgehend zu beheben.

Nachdem bisher Methoden der eigentlichen Mikroskopiertechnik berührt worden sind, sei schließlich noch auf ein Verfahren hingewiesen, das mit Hilfe von Röntgenstrahlen die Textur eines Holzes enthüllt. Solche Fragen ergeben sich beispielsweise in der Analyse von Kunstwerken. Sie stellen sich auch bei Untersuchungen der Jahringabfolge von Bohrspänen, hier besonders um vorbereitende Präparationen zu umgehen. Dr. Lenz hat zu diesem Zweck eine ganze Reihe von Bohrspänen verschiedener Holzarten ohne weitere Vorbehandlung geröntgt und die so gewonnenen Radiographien direkt zur Jahringanalyse verwendet. Abbildung 5 zeigt in einer Gegenüberstellung Schnittbilder und Radiographien von Bohrspänen. — Mit der beschriebenen Methode lassen sich sehr hohe Meßgenauigkeiten erzielen, wenn die Röntgenquelle in genügendem Abstand von den Bohrspänen angebracht wird und die Bohrspäne mit senkrechtem Faserverlauf direkt auf die Filmebene zu liegen kommen. In ähnlicher Weise hat auch Dr. Fischer vom Schweiz. Institut für Kunstwissenschaft gearbeitet, um von einer wertvollen Holzskulptur den Nachweis zu erbringen, daß Kopf und Rumpf demselben Holzstück angehören. Auf den durch ihn angefertigten Radiographien treten sowohl Verlauf als Beschaffenheit der Jahringe sehr schön hervor, so daß sie mit Hilfe von Methoden der Jahringchronologie sorgfältig ausgewertet werden können.

Jedermann, der experimentell arbeitet, weiß um die Wichtigkeit zuverlässiger Methoden. Die Ausarbeitung neuer Verfahren oder das Anpassen von Methoden der Biologie und der Naturwissenschaften nimmt daher mit Recht eine Schlüsselposition in der wissenschaftlichen Arbeit ein. Es ist deshalb sehr zu begrüßen, daß im Rahmen der diesjährigen Dreiländerholztagung auch dieser Problematik die ihr gebührende Beachtung geschenkt worden ist. Wir wollen hoffen, daß die heute angeknüpften Gespräche auch künftig in Gang gehalten werden können.

## **Résumé**

### **Les méthodes de la microtechnologie du bois.**

La recherche en microtechnologie du bois essaye de placer des questions de la technologie générale du bois dans le domaine de l'étude microscopique et de les analyser avec des méthodes de microscopie connues et appliquées en biologie. On espère que cette méthode de travail constituera un complément essentiel de la macrotechnologie. Une étroite liaison et une collaboration intensive des deux méthodes de recherche sont les conditions sine qua non à une réussite de cette étude.

Les méthodes de préparation jouent un rôle capital dans cette recherche qui vient de recevoir un nom, mais qui était déjà pratiquée depuis des décennies dans tous les pays où la technologie du bois faisait l'objet d'études. Des techniques de préparation adéquates permettent au chercheur armé d'un microscope de soumettre le bois et les constituants du bois à ses méthodes de recherche microscopiques. Dans ce domaine, il faut citer en premier lieu la microtomie du bois favorisée actuellement par de nouveaux procédés de préparation qui augmentent la résistance de ce matériau par imprégnation. En ce qui concerne la technique de microscopie, l'auteur s'abstient de décrire les méthodes bien connues de la recherche microscopique à l'aide de lumière naturelle ou de lumière polarisée. En revanche, il insiste sur l'utilisation de la microscopie fluorescente; car l'expérience a prouvé que cette méthode peut fournir de très beaux résultats dans l'étude des problèmes les plus variés.

L'exposé décrit encore brièvement une nouvelle méthode pour mesurer le retrait sur des coupes minces. Il s'agit de l'utilisation d'un microscope muni d'une plate-forme chauffante à haute fréquence qui permet de sécher et de mesurer des coupes minces avec beaucoup de ménagement et dans un temps relativement court. Finalement, l'auteur décrit, à côté des méthodes microscopiques proprement dites, des procédés d'analyse de texture à l'aide de la roentgenographie et des méthodes de détermination de différences de dureté sur des échantillons microscopiques à l'aide d'un appareil propre à tâter la dureté. *Farron*

#### *Literaturverzeichnis*

1. *Barclay, R.M.*: The effect of the middle lamella and anatomical structure on the tangential shrinkage of hardwoods. *Forest Society Journal*, Trinity Term Bd. 4, 1955.
2. *Bosshard, H.H.*: Über eine neue Methode zur Messung der Schwindungsanisotropie im Holz. *Naturwissenschaften*. 43/3, 1956, S. 54/55.
3. *Bosshard, H.H.*: Über die Anisotropie der Holzschwindung. *Holz als Roh- und Werkstoff*. 14/8, 1956.
4. *Bosshard, H.H.*: The influence of the Middle-Lamella system on the shrinkage of wood. *Composite Wood*. 4/1, 2, 1957, S. 17—22.
5. *Bosshard, H.H.*: Die Mikrostruktur von Novopan-Spanplatten. *Holz als Roh- und Werkstoff*. 16, 1958, S. 330—335.
6. *Fischer, M.*: (mündliche Mitteilung).
7. *Frey-Wyßling, A.*: Die mikroskopische Holzstruktur bei technischer Überbeanspruchung. Résistance et structure microscopique des bois. Bericht Nr. 36, 1938.
8. *Frey-Wyßling, A.*: Die Anisotropie des Schwindmaßes auf dem Holzquerschnitt. *Holz als Roh- und Werkstoff*. 3, 1940, S. 43.
9. *Frey-Wyßling, A.*: Die Ursachen der anisotropen Schwindung des Holzes. *Holz als Roh- und Werkstoff*. 3, 1940, S. 349.
10. *Frey-Wyßling, A.*: Weitere Untersuchungen über die Schwindungsanisotropie des Holzes. *Holz als Roh- und Werkstoff*. 6, 1943, S. 197.

11. *Frey-Wyßling, A.*: Über den Feinbau der Stauchlinien in überbeanspruchtem Holz. Holz als Roh- und Werkstoff. 11, 1953, S. 283–288.
12. *Kisser, J.*: Leitfaden der botanischen Mikrotechnik. Jena, Gustav Fischer, 1926.
13. *Kisser, J.*: Mikroskopische Veränderungen der Holzstruktur durch mechanische Beanspruchung, insbesondere bei der Schnitthanfertigung. Botanisches Archiv, 42, 1941, S. 100–148.
14. *Kisser, J.*: Mikroskopische Untersuchungen an Heraklithplatten. Heraklith-Rundschau. Heft 7, 1950.
15. *Kisser, J. und Wittmann, W.*: Fluoreszenzmikroskopische Untersuchungen an verholzten Zellwänden. Mikrochemie vereinigt mit Mikrochimica Acta XXXVI und XXXVII, 1951.
16. *Kisser, J. und Frenzel, H.*: Mikroskopische Veränderungen der Holzstruktur bei mechanischer Überbeanspruchung von Holz in der Faserrichtung. Schriftenreihe Ö. G. H. Heft 2, 1950.
17. *Kisser, J. und Steininger, A.*: Die Mikroskopie im Dienste der Oberflächenbehandlung von Holz. Mitteilungen der Ö. G. H. 4/4, 1952, enthalten im Internationalen Holzmarkt, Jg. 43/17.
18. *Kisser, J. und Serentschy, W.*: Untersuchungen über die Wirkungsweise der chemischen Erweichungsmethoden von Holz. Mikroskopie. 8/314, 1953, S. 84–95.
19. *Kisser, J. und Linhardt, G.*: Die mikroskopische Analyse des Verlaufes der Lastkurve beim Stempeldruckverfahren. Holz als Roh- u. Werkstoff, 12, 1954, S. 329–334.
20. *Kisser, J. und Linhardt, G.*: Zur Methodik der mikroskopischen Untersuchung mechanisch bearbeiteter Holzflächen. Mikroskopie. 9/9, 10, 1954, S. 311–317.
21. *Kollmann, F.*: Ursachen einiger Schäden an lackierten Oberflächen von Rundfunkgehäusen. Vortrag vor D. G. f. H. Essen 1958.
22. *Lenz, O.*: Utilisation de la radiographie pour l'examen des couches d'accroissement. Mitteilungen der Schweizerischen Anstalt für das forstl. Versuchswesen. 33/5, 1957.
23. *Marts, O.*: Application of fluorescence microscopy and photomicrography to woody tissues. Stain Technology. 25/1, 1950, S. 41–44.
24. *Mayer-Wegelin, H.*: Der Härtetaster. Ein neues Gerät zur Untersuchung von Jahrringbau und Holzgefüge. Forst- und Jagdzeitung. 122/1, 1950.
25. *Plath, E. und Plath, L.*: Mikroskopische Untersuchungen über das Dämpfen von Rotbuche. Holz als Roh- und Werkstoff. 15/2, 1957, S. 80–86.
26. *Plath, E. und Plath, L.*: Die Beschichtung von Holzwerkstoffen mit Kunststoffen. Holz als Roh- und Werkstoff. 15/6, 1957, S. 254–261.