

**Zeitschrift:** Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse  
**Herausgeber:** Schweizerischer Forstverein  
**Band:** 106 (1955)  
**Heft:** 9-10

**Artikel:** Grundlagenforschung an der Forstschule  
**Autor:** Frey-Wyssling, A.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-764544>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

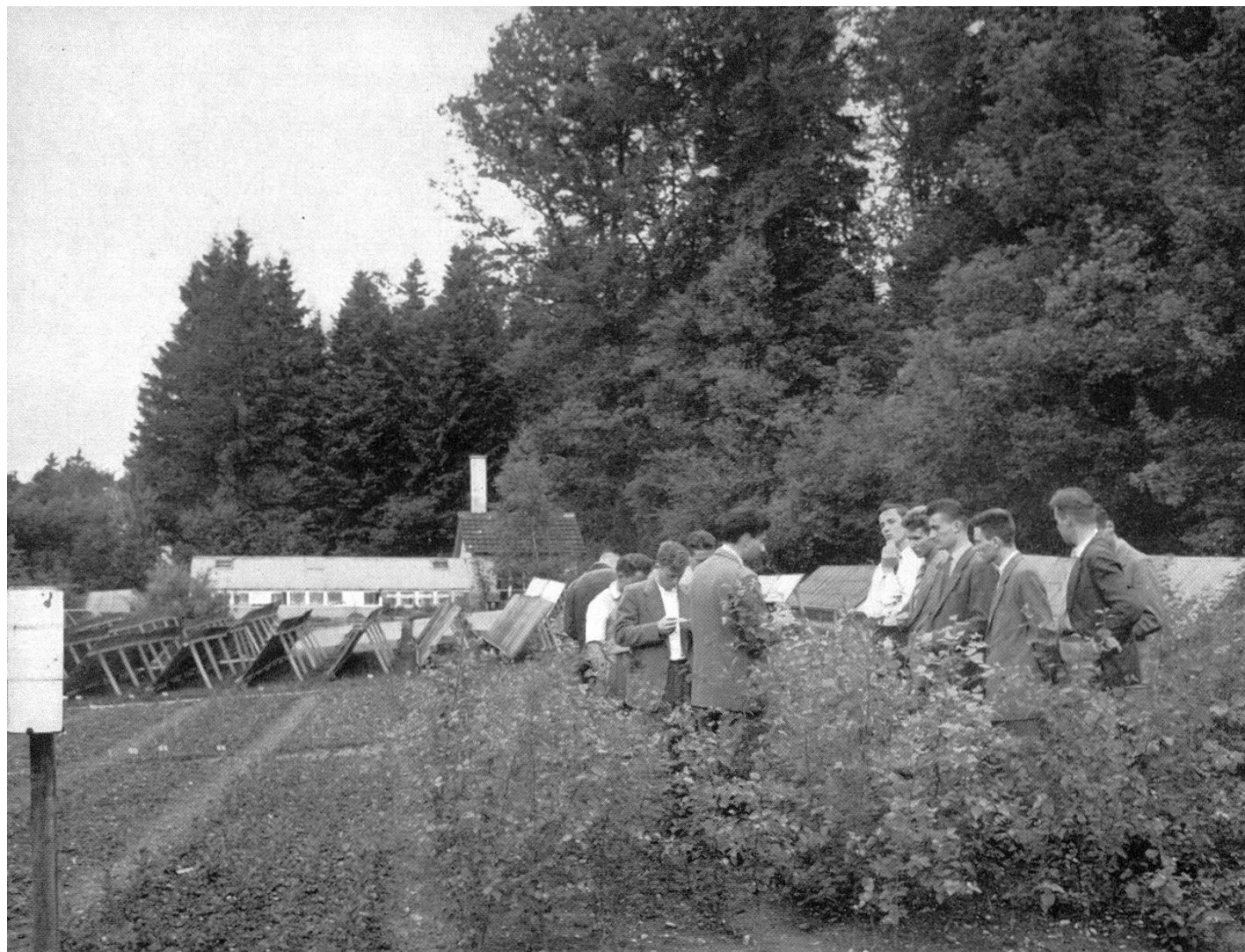
### **Terms of use**

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 17.01.2026

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







# Grundlagenforschung an der Forstschule

Von A. Frey-Wyßling

(Oxf.945.3)  
(07.1)

Bei der Gründung der Eidg. Polytechnischen Schule wurde in erster Linie an die Schaffung einer Lehranstalt gedacht. Erst im Laufe der verfloßenen hundert Jahre ist neben der Lehrtätigkeit als weitere Aufgabe der Dozenten die *Forschung* dazugekommen. Dies brachte für die einzelnen Lehrstühle einerseits große zusätzliche Aufgaben, anderseits aber auch eine unschätzbare Bereicherung mit sich. Während der Unterricht sich mit den gegebenen und neu erarbeiteten Erkenntnissen, d. h. also mit einem umgrenzten und übersehbaren Tatsachenmaterial befaßt, sind die Möglichkeiten der Forschung unbegrenzt. Analog einem Lehrplan kann man zwar einen Forschungsplan aufstellen. Jede neue Erkenntnis ist indessen der Ausgangspunkt zahlreicher neuer Untersuchungsmöglichkeiten, von denen man intuitiv die aussichtsreichsten wählen muß. Dadurch nimmt der Dozent schöpferisch an der Entwicklung der Wissenschaft teil, und seine geistige Beweglichkeit bleibt nicht nur durch den ständigen Kontakt mit der Jugend, sondern ebenso sehr durch den Wettbewerb in der Front der Erkenntnis Suchenden sowie durch die Entdeckerfreude viel besser erhalten als in irgendeinem Routinebetrieb.

Forschung ist nur möglich, wenn einem Lehrstuhl ein Institut beigegeben wird. In dieser Hinsicht steht es jedoch an unserer Forstschule nicht zum besten. Einzig die Disziplin Waldbau verfügt zurzeit über ein eigentliches Institut, während für die Forstpolitik erst ein solches geschaffen werden muß. Ferner sind im ausgesteckten Neubau gewisse Räumlichkeiten für die Holztechnologie vorgesehen. Trotzdem werden die Forschungsmöglichkeiten aus Raumangel auch in Zukunft bescheiden bleiben; aber nützt man sie richtig aus, läßt sich dennoch in diesem Rahmen Bedeutendes leisten.

Häufig hört man den Einwand, die Forschung auf dem Gebiete des Forstwesens sollte nicht an der Forstschule, sondern an der zu diesem Zwecke gegründeten forstlichen Versuchsanstalt betrieben werden. Da muß ich auf den Unterschied zwischen *Zweckforschung* und *Grundlagenforschung* aufmerksam machen. Den Versuchsanstalten, seien es nun private oder staatliche, werden von der Praxis Probleme vorgelegt, die sie zu erforschen und zu lösen haben. Die Forschung hat also in einer vorgeschriebenen Richtung zu geschehen, und nur wirtschaftlich erfolgreiche Lösungen werden von der Praxis positiv bewertet. Die Grundlagenforschung soll jedoch im Prinzip *frei* sein, d. h. sie soll ihre Probleme ohne Rücksicht auf praktisch unmittelbar verwertbare Ergebnisse in Angriff nehmen und sie mit Hilfe von beliebig zu wählenden Objekten lösen dürfen.

Selbstverständlich gibt es fließende Grenzen zwischen Zweckforschung und Grundlagenforschung. Es soll auch so sein, daß sich die Versuchsanstalt, solange sie nicht mit Aufträgen überhäuft ist, mit Grundlagenforschung abgibt und daß umgekehrt der Forstprofessor sich der Zweckforschung widmen darf, wenn er sich hierzu berufen fühlt. Aber er muß das Recht besitzen, sich mit Fragen zu befassen, die keine unmittelbare wirtschaftliche Auswertung gestatten. Viele sogenannte akademische Fragen können nach ihrer Lösung früher oder später von größter praktischer Bedeutung werden, wie sich dies vor allem in der Atomforschung gezeigt hat. Jeder Wissenszweig benötigt daher eine Gruppe von Forschern, die Probleme bearbeiten, welche von der Praxis oft als «ausgefallen» betrachtet werden; denn auf diese Weise kommen oft völlig neue Gesichtspunkte zum Vorschein, die sich mit den üblichen, als zweckmäßig anerkannten Überlegungen und Untersuchungsmethoden nicht ergeben hätten. Die Grundlagenforschung liefert daher das Rohmaterial, das der wirtschaftlich so wichtigen Zweckforschung je und je neue Ausgangsmöglichkeiten für die Lösung von Fragen aus der Praxis zur Verfügung stellt.

Diese Beziehungen sollen kurz an folgendem Beispiel näher erläutert werden: Der Wissenszweig, den wir heute als Pflanzensoziologie bezeichnen, ist bereits 1896—1902 von P. J a c c a r d auf für jene Zeit originelle Weise bearbeitet worden. Man nannte diese Wissenschaft damals Pflanzengeographie, und J a c c a r d war einer der ersten, die versuchten, statistisch vergleichend neue Gesichtspunkte über das Zusammenleben der Wildflora zu gewinnen. Er verglich den Pflanzenbestand von bestimmten Quadratflächen geeigneter Pflanzengesellschaften miteinander und leitete aus der Häufigkeit der in den untersuchten Quadraten gemeinsam vorkommenden Arten seinen «coefficient de communauté» ab. Heute wissen wir, wie außerordentlich wichtig die statistische Vergleichsmethode in der Pflanzensoziologie geworden ist. Damals wurde jedoch die «Quadratmethode» von der Praxis keineswegs als ein taugliches Hilfsmittel für den Waldbau erkannt. Dies geht am besten daraus hervor, daß J a c c a r d bei seiner Wahl an die ETH im Jahre 1903 empfohlen wurde, die Pflanzengeographie nicht weiter zu verfolgen, sondern sich mehr technischen Problemen zuzuwenden, worauf er seine Forschungstätigkeit auf das Gebiet der Holzanatomie verlegte. Von anderer Seite ist jedoch die statistische Methode weiterentwickelt worden, und auf neuer Grundlage haben dann B r a u n - B l a n q u e t, W a l o K o c h und ihre Schüler die heute praktisch so wichtige Waldsoziologie geschaffen.

Dieses handgreifliche Beispiel zeigt, wie die Grundlagenforschung unbekümmert um praktische Belange von rein theoretischen Erwägungen ausgeht und wie dann später, oft auf Umwegen, die erarbeiteten Er-

kenntnisse für die Praxis von großem Nutzen werden können. Es erlaubt indessen noch andere prinzipielle Feststellungen:

J a c c a r d hat seine statistischen Untersuchungen nicht an Waldgesellschaften, sondern an einfacheren Objekten, nämlich an Alpenmatten durchgeführt. Ebenso haben B r a u n - B l a n q u e t und W a l o K o c h ihre grundlegenden Erkenntnisse über das Wesen der Pflanzenassoziation, über Sukzession, Klimax usw. nicht direkt an Waldgesellschaften gewonnen, sondern sie sind ursprünglich ebenfalls von den leichter übersehbaren Grasgesellschaften ausgegangen. Hier zeigt sich nun ein wesentlicher Zug der Grundlagenforschung. Sie ist, wie eingangs erwähnt, frei in der Wahl ihrer Objekte. Mit den gewöhnlich bescheidenen Mitteln, die für die Grundlagenforschung zur Verfügung stehen, muß sie Objekte wählen, die in möglichst kurzer Zeit zu einem Ergebnis führen. So arbeitet in der Regel die Biochemie mit den schnell wachsenden Bakterien und Pilzen, die Pflanzenphysiologie mit den kurzlebigen Einjährigen usw. An die Bäume und die Waldgesellschaften mit ihrer Langlebigkeit wagt sich der freie Forscher, dessen produktive Tätigkeit ja im besten Falle nur wenige Jahrzehnte dauert, nicht leicht. Es ergibt sich aus dieser Sachlage für die Grundlagenforschung an der Forstschule eine gewisse Einschränkung. Es kann ihr nur die Freiheit hinsichtlich der Problemwahl zugebilligt werden, während die Objektwahl auf die Objekte Holzgewächse und Wald beschränkt ist. Dies ist eine Binsenwahrheit. Es muß indessen besonders auf sie hingewiesen werden, weil sie uns zwingt, Institutionen zu schaffen, die von vornherein auf die Schwierigkeiten, die unsere langlebigen Objekte mit sich bringen, eingestellt sind. In dieser Hinsicht sind die USA, die in so vielen wissenschaftlichen Belangen maßgebend geworden sind, bahnbrechend. Aus der Erkenntnis heraus, daß es unmöglich ist, die Pflanzenphysiologen von ihren klassischen Objekten der *Avena*-Koleoptilen, der Weizenkeimlinge, der Saubohnenwurzeln usw. abzubringen, sind an verschiedenen Hochschulen (z. B. Harvard University, Yale University) besondere Laboratorien für «Tree Physiology» gegründet worden, in denen also Grundlagenforschung an vorgeschriebenen Objekten betrieben werden soll. Die Einschränkung ist allerdings relativ bescheiden, wenn wir an die große Zahl und die Mannigfaltigkeit der Holzarten und an die Möglichkeit, daß auch diese Objekte interessante Probleme der Keimungsphysiologie bieten, denken.

Hiermit komme ich auf eine weitere wichtige Grundtatsache zu sprechen. Die erwähnten Beispiele der Pflanzensoziologie und der Pflanzenphysiologie zeigen Ihnen, daß die Forstschule hinsichtlich der Grundlagenforschung nicht ausschließlich auf ihre Fachprofessoren angewiesen ist, sondern daß hierfür zusätzlich alle biologischen Laboratorien der ETH, an denen die Studierenden der Forstwissenschaften ihre propädeu-

tische naturwissenschaftliche Ausbildung erhalten, herangezogen werden können. Daß dies möglich ist, beweisen die Institute für Pflanzenpathologie und für Forstentomologie. Es kann indessen auch die seinerzeit von J a c c a r d an unserer Schule inaugurierte mikroskopische Holzuntersuchung in entscheidendem Maße aktiviert werden, wenn, wie dies für die neue amerikanische Disziplin «Tree Physiology» geschildert worden ist, ein besonderes Laboratorium für Holzstrukturforschung geschaffen wird, das unsere reichen Erfahrungen der mikroskopischen und submikroskopischen Feinbaulehre für die Holzuntersuchung in konsequenter Weise zur Anwendung bringt.

Da wir nicht hoffen können, daß an unserer Forstschule in absehbarer Zeit ein Institut für Holztechnologie gegründet wird, das übrigens mit den überaus reich dotierten und raffiniert ausgerüsteten Institutionen dieser Art in den großen Holzländern nur schwer erfolgreich in Konkurrenz treten könnte, müssen wir uns auf die gegenwärtig gegebenen Möglichkeiten beschränken. Anstatt ein Laboratorium zu schaffen, das trachtet, das ganze endlos weite Gebiet der gesamten Holztechnologie zu beackern, entspricht es eher schweizerischer Tradition, wenn wir eine Forschungsstelle für ein Teilgebiet in so gründlicher Weise ausbauen, daß sie zum Nutzen unserer Holzwirtschaft nicht nur von anderer Seite entwickelte Untersuchungsverfahren übernehmen, sondern sich selbst aktiv an der Erarbeitung neuer Erkenntnisse beteiligen kann, um auf diesem Gebiet wenn immer möglich einen international anerkannten Stand zu erreichen. Diese Teildisziplin möchte ich als *Holzmikrotechnologie* bezeichnen. An einigen Beispielen soll gezeigt werden, was hierunter zu verstehen ist.

*Eigenschaften von Früh- und Spätholz* (1). Die Inhomogenität der Jahrringe bringt oft schwierige Probleme mit sich, da das Frühholz ganz andere mechanische Eigenschaften besitzt als das Spätholz. Man kann indessen aus dieser Not auch eine Tugend machen, wenn man bei Nutzungsverfahren, die von zerfasertem Holz ausgehen, Früh- und Spätholz gesondert aufarbeitet. Gelingt es, von einem breitringigen Nadelholz ein Schälfournier, das dünner als die mittlere Jahrringbreite ist, zu gewinnen, können aus dem erhaltenen Blatt die Früh- und Spätholzpartien ausgeschnitten und getrennt auf Papier oder Faserplatten verarbeitet werden. Dabei zeigt sich, daß zum Beispiel in Kiefernholz vom Raumgewicht 0,492 das Spätholz (30 % Anteil) den hohen Wert von 0,87, das Frühholz (70 % Anteil) dagegen wie ein extremes Weichholz nur 0,33 aufweist! Bei genau gleichem Herstellungsverfahren liefern die Frühholztracheiden ein schmiegsames und pergamentartig durchscheinendes, die Spätholztracheiden dagegen ein sehr weißes, steifes, löschblattartig poröses Papier. Dies rührt davon her, daß sich die Frühholztracheiden vergleichsweise wie biegsame kollabierende Feuerwehrschräuche, die Spät-



holztracheiden dagegen wie sperrige, dickwandige Vakuumgummi-schläuche verhalten. Die Aussonderung von Früh- und Spätholz ist allerdings zu kostspielig, um diese auffallenden Unterschiede wirtschaftlich auszuwerten. Aber eine solche Untersuchung lehrt uns den Rohstoff von einer neuen Seite kennen, indem seine einzelnen Bestandteile für ganz verschiedene Zwecke herangezogen werden könnten, wenn es gelingen würde, einfachere und billigere Trennverfahren ausfindig zu machen. Es liegt hier ein typisches Ergebnis der Grundlagenforschung vor, das unter Umständen von der Zweckforschung aufgegriffen und auf eine wirtschaftliche Basis gestellt werden könnte.

*Harztaschen* (2). Unsere Untersuchungen über die Entstehung der Harztaschen hatten ursprünglich rein akademisches Interesse. Wir wollten die genaue Anatomie dieses Holzfehlers kennenlernen und eventuell abklären, warum das Harz aus den von einem hermetisch abschließenden Epithel umkleideten Harzgängen austritt. Dabei entdecken wir zweierlei: erstens, daß hinter den Harztaschen die Verkernung manchmal ausbleibt (z. B. bei der Lärche), und zweitens, daß es auch harzfreie Koniferen gibt, die solche Kerndefekte zeigen (z. B. *Juniperus Virginiana*). Eine nähere Prüfung ergab, daß ungefärbte Kernsektoren im zweiten Falle ebenfalls hinter unsichtbaren Rissen im Holze lagen. Das Harz hat deshalb primär nichts mit diesen Rißbildungen zu tun. Offenbar werden die radialen Harzgänge durch anderweitig verursachte Spalten zerrissen, worauf das Harz in die Taschen ausfließt. Eine weitere Untersuchung führte schließlich zum Ergebnis, daß die Risse immer in der Kambialzone entstehen und durch Windbeanspruchung der Bäume verursacht werden, indem bei starken Biegungen und Torsionen der Rindenmantel gegenüber dem steifen Holzkörper leicht verschoben wird, so daß sich im weichen Kambium lokal Gleitrisse bilden. Ich hatte dann die große Freude, auf die Veröffentlichung dieser Arbeit von unserem Altmeister Prof. W. S c h ä d e l i n folgende Aufmunterung zu erhalten: «Ich habe seit reichlich zwanzig Jahren stets vermutet, daß der Wind Ursache der Entstehung der Harztaschen sei, ohne eine Erklärung dafür geben zu können. Sie weisen mit Ihrer Arbeit den Weg, auf dem die Schädigung wenigstens vermindert werden kann: Windschutz und Erziehung symmetrischer Kronen.» (Brief vom 15.7.38.)

*Mikrostauchlinien* (3, 4). Wird Holz achsial überbeansprucht, entstehen schief verlaufende makroskopische Stauchlinien. Ähnliche Bilder zeigen nun die Zellwände der Holzfasern und Tracheiden im Mikroskop, wenn man gestauchtes Holz auf Schnitten untersucht. Die schief verlaufenden Linien sind schon sehr lange von pflanzlichen Textilfasern bekannt. Sie wurden dort als Verschiebungslinien bezeichnet, deren Natur lange umstritten war. Heute wissen wir, daß es sich um *Mikrostauchlinien* handelt. So wie es eine für jede Holzart charakteristische Makro-



stauchlast gibt, bei der entsprechend den schief verlaufenden Schubspannungen Makrostauchlinien auftreten, so gibt es auch eine Mikrostauchlast, die die Mikrostauchlinien erzeugt. Sie kann durch Biegeversuche ermittelt werden. Da die Mikrostauchlast größenordnungsgemäß halb so groß ist wie die Makrostauchlast, würde ihre Berücksichtigung bei der Projektierung von Holzbauten theoretisch eine größere Sicherheit bieten als die in der Praxis verwendeten makroskopisch bestimmten Festigkeitskonstanten. Aber die Ermittlung der Mikrostauchwerte ist leider wesentlich zeitraubender, so daß sie vorläufig noch keine praktische Verwertung erfahren haben. Trotzdem muß man sich immer bewußt sein, daß, lange bevor im Holze für das Auge sichtbare Stauchungen auftreten, die Zellwände überbeansprucht werden und dies durch charakteristische Mikrostauchlinien zu erkennen geben. Es ist erstaunlich, daß die innere Kohäsion der Zellwände gegen Schubkräfte nur etwa halb so groß ist wie jene des Zellverbandes im Holze! Dieses Paradoxon soll kurz erläutert werden.

Die Analogie der Makro- und Mikrostauchlinien des Holzes beruht auf einem ähnlichen Bauprinzip des Holzes als Gewebeverband und des Feinbaues der Zellwände. In beiden Fällen liegen Parallelt Texturen von linear entwickelten Strangelementen vor. Im Holze sind dies die Holzfasern und Tracheiden, in den Zellwänden der Zellelemente dagegen parallel gelagerte submikroskopische Fibrillen. Im Elektronenmikroskop erkennt man, daß diese Mikrofibrillen den Mikrostauchlinien entlang auseinanderweichen, ähnlich, wie man dies bei den Holzfasern bzw. Tracheiden den Makrostauchlinien entlang beobachten kann. Die Auflockerung der Mikrofibrillen ist submikroskopisch, d. h. sie läßt sich im Lichtmikroskop nicht erkennen; sie verrät sich indessen durch eine stärkere Färbbarkeit der Mikrostauchlinien, verglichen mit der ungestörten Wand. Da die Mikrostauchlast kleiner ist als die Makrostauchlast, muß der seitliche Zusammenhang der Mikrofibrillen entsprechend geringer sein als die Verkittung der Holzzellen durch die sie verbindende Mittellamelle.

Die seitliche Auflockerung der Textur ist vom Verschiebungswinkel  $\gamma$  der Stauchlinien abhängig. Die Breite der aufgelockerten Faser  $d'$  beträgt, gemessen am ursprünglichen Durchmesser  $d$ ,

$$d' = d / \cos \gamma.$$

Diese Beziehung wurde lange vor der Entdeckung des Elektronenmikroskops mit Hilfe des Polarisationsmikroskops abgeleitet, doch enthüllt das Übermikroskop heute aufs schönste die Richtigkeit der damaligen Überlegungen. Es zeigt auch, warum die Reißfestigkeit gestauchter Zellwände viel weniger leidet als die Druckfestigkeit, denn man erkennt, daß die Mikrofibrillen keineswegs gebrochen, sondern nur S-förmig gebogen sind.

In einem isotropen Körper, zum Beispiel in einem Betonwürfel, verlaufen die Stauchspannungen unter  $45^\circ$  zur Druckrichtung. Da der Verschiebungswinkel nun bei allen Mikro- und Makrostauchlinien wesentlich kleiner als  $45^\circ$  ist, sollten sich hieraus Angaben über die Festigkeitsanisotropie der Zellwände und des Holzes ableiten lassen.

*Formfestigkeit.* Die Druckfestigkeit des Holzes quer zur Faser zeigt ein für Baumaterialien ungewöhnliches Verhalten. Während sie für Fichtenholz in tangentialer Richtung etwa  $40 \text{ kg/cm}^2$  und in radialer Richtung etwa  $45 \text{ kg/cm}^2$  beträgt, sinkt sie in diagonalen Richtung unerwarteterweise auf  $25 \text{ kg/cm}^2$  ab. Diese Erscheinung ist durch die Form der Holzzellen bedingt. Bei diagonalen Beanspruchung ist die Form des Zellquerschnittes wesentlich instabiler als bei tangentialer oder radialer Beanspruchung (11). Man muß daher beim Baustoff Holz die Festigkeits- und Elastizitätstheorie durch die Begriffe «Festigkeit der Form» und «Elastizität der Form» erweitern (12).

*Differenzierung der Kambialzellen.* Es ist ein wichtiges theoretisches Problem, wie aus den gleichartigen Kambiumzellen im Laubholz die so verschiedenen Zellarten der Tracheen, Holzfasern und Holzparenchymzellen entstehen. Die Kambialwand weist im Elektronenmikroskop eine einheitliche Streuungstextur der Mikrofibrillen auf, die untereinander verwoben sind. Bei der Differenzierung der von den Initialen durch Zellteilung abgespaltenen Zellen werden die Zellwandverdickungen als sogenannte Sekundärwand auf die ursprüngliche Primärwand aufgelagert. Gleichzeitig findet bei den Gymnospermentracheiden ein starkes Spitzenwachstum und bei den Gefäßgliedern der Angiospermen ein auffälliges Flächenwachstum der Zellwände statt. Die Verhältnisse sind von H. H. Bosshard (5) bei den weiltumigen Tracheen der Esche abgeklärt worden. Das Protoplasma legt erst wellenförmige Längsrippen mit Paralleltextur an, die dann durch das Flächenwachstum der Primärwand auseinander weichen und durch horizontale Querbrücken miteinander verbunden werden. Auf diese Weise entstehen die bekannten hexagonalen Tüpfel der *Fraxinus*-Gefäße.

Auch bei solchen scheinbar rein akademischen Fragestellungen ergeben sich immer wieder Zusammenhänge mit praktischen Problemen. So spielt zurzeit die Untersuchung der Ontogenie der Hoftüpfel (6) eine große Rolle in der Diskussion der Frage, warum die Nadelhölzer schwieriger mit antiseptischen Lösungen zu imprägnieren sind als die Laubhölzer. Bei jenen liegen durch die Zellfusion der Gefäßglieder offene Poren vor, während bei den Nadelhölzern die einzelnen Tracheiden als durch Wände voneinander getrennte Zellen betrachtet werden. Im Elektronenmikroskop zeigen nun frisch gebildete Hoftüpfel tatsächlich eine feinporige Schließhaut. In älteren Jahrringen bleiben jedoch von diesem Geflecht der Primärwand im wesentlichen nur radiale Spangen übrig (7).

Trotzdem setzt ein solches System dem Durchtritt von Lösungen einen größeren Widerstand entgegen als die offenen Kapillaren der Gefäße.

*Holzchemie.* Für die Holzchemie ist die Mikrotechnologie von allergrößter Bedeutung. Die verschiedenen Membranstoffe des Holzes bestehen aus Makromolekülen, die sich submikroskopisch gegenseitig durchdringen. Da sie infolgedessen im Lichtmikroskop nicht voneinander unterschieden werden können, ist periodisch immer wieder die Frage aufgetaucht, ob das Holz chemisch als einheitlicher Stoff aufzufassen sei (8). Mit Hilfe indirekter Methoden (z. B. Polarisationsmikroskopie, Röntgenanalyse) konnten solche Behauptungen als unrichtig erkannt, aber doch nicht so handgreiflich widerlegt werden wie mit der Elektronenmikroskopie. Im Übermikroskop erweisen sich vom Lignin befreite Zellwände als Zellulose-Mikrofibrillen-Gerüste, von denen gesprochen worden ist. Lösen wir jedoch die Zellulose auf schonende Weise aus der verholzten Zellwand heraus, bleibt ein Ligningerüst übrig, das sich als feinporöse Masse abbilden läßt. Diese Bilder zeigen, daß die verholzte Zellwand wie armierter Beton aus zwei mechanisch ganz verschiedenen Komponenten besteht, nämlich einerseits aus zugfesten Zellulose-Mikrofibrillen und andererseits aus einer die hohe Druckfestigkeit des Holzes erzeugenden Lignineinlagerung.

Wie bekannt, ist das Verhältnis von Zellulose und Lignin nicht in allen Zellwandschichten gleich. Die sogenannte Mittelschicht ist häufig wesentlich stärker lignifiziert als die mächtige Sekundärwand. Da es unter den Holzvermorschungspilzen solche gibt, die Zellulose, und andere, die zellulosefremde Zellwandbestandteile durch ihre Fermente abbauen, kann man aus dem Zerstörungsbilde auf die Zusammensetzung der verschiedenen Wandschichten Rückschlüsse ziehen. Hier soll nur erwähnt werden, daß bei solchen Untersuchungen durch H. W. Meier (9) die Unverdaulichkeit der innersten Zellwandschicht für zahlreiche Holzzerstörer nachgewiesen worden ist. Es geht daraus hervor, daß die Grenzschicht zwischen dem Protoplasma, das die Wand aufgebaut hat, und der Sekundärwand eine Lamelle eigener Art darstellt und daher als *Tertiärwand* bezeichnet werden muß.

Als letztes Beispiel soll auf die heterogene Reaktionsweise von Pflanzenfasern bei chemischen Umsetzungen hingewiesen werden (10). Wenn man Zellstoff azetyliert oder nitriert, so kann der Chemiker die Veresterung analytisch laufend verfolgen. Er wird dann feststellen, daß nach einiger Zeit analysenmäßig ein Mono-, später ein Di- und schließlich angenähert ein Triazetat (bzw. -nitrat) vorliegt. Wenn wir jedoch im Polarisationsmikroskop den Vorgang verfolgen, erkennen wir, daß ein Teil der Fasern sofort maximal verestert wird, während ein anderer noch völlig intakte Zellulose vorstellt. Wenn die Analyse also ein Monoazetat ausweist, so ist dies eine Täuschung, indem ein Gemisch von hochveresteter



und unveresterter Zellulose vorliegt. Wir sind also in der Lage, mit Hilfe des Mikroskops solche Umsetzungen genauer zu verfolgen, als es der chemischen Analyse gelingt.

Die Möglichkeiten der Holzmikrotechnologie sind mit den angedeuteten Untersuchungsrichtungen keineswegs erschöpft. Ich habe lediglich einige besonders einfache und eindruckliche Beispiele ausgewählt. Auf die großen Fragenkomplexe der anisotropen Schwindung und Quellung des Holzes oder des Reaktionsholzes (Buchs) konnte ich nicht eintreten, da die Behandlung jedes einzelnen für sich allein die ganze zur Verfügung stehende Zeit beansprucht hätte. Ich hoffe jedoch gezeigt zu haben, daß unsere Forstschule auf Grund der vorliegenden Tradition und der an der ETH gegebenen Untersuchungsmöglichkeiten in der Lage ist, sich in origineller Weise an der Lösung mikrotechnischer Probleme aktiv maßgebend zu beteiligen.

#### Literaturverzeichnis

1. Runkel, R.: Zellwandforschung unter dem Blickpunkt des technischen Einsatzes. Holz, **5**, 413 (1942).
2. Frey-Wyßling, A.: Über die Entstehung von Harztaschen. Holz, **1**, 329 (1938).
3. Frey-Wyßling, A.: Die mikroskopische Holzstruktur bei technischer Überbelastung. Bericht Nr. 119, EMPA, Zürich, Mai 1938. — Über den Feinbau der Stauchlinien in überbeanspruchtem Holz, **11**, 283 (1953).
4. Kisser, J., und Steininger, A.: Makroskopische und mikroskopische Strukturänderungen bei der Biegebeanspruchung von Holz. Holz, **10**, 415 (1952).
5. Bosshard, H. H.: Elektronenmikroskopische Untersuchungen im Holz von *Fraxinus excelsior* L. Diss. ETH, Zürich 1952.
6. Frey-Wyßling, A., und Bosshard, H. H.: Über den Feinbau der Schließhäute in Hoftüpfeln. Holz, **11**, 417 (1953).
7. Liese, W., und Fahnenbrock, M.: Elektronenmikroskopische Untersuchungen über den Bau der Hoftüpfel. Holz, **10**, 197 (1952).
8. Wenzl, H.: Ist das Holz ein einheitlicher Rohstoff? Holzforschung, **2**, 33 (1948). Diskussionsheft mit Beiträgen von F. Schütz, A. Frey-Wyßling, R. S. Hilpert und K. Heß.
9. Meier, H. W.: Über den Zellwandabbau von Holzvermorschungspilzen und die submikroskopische Struktur von Fichtentracheiden und Birkenholzfasern. Diss. ETH, Zürich 1955 (im Druck).
10. Frey-Wyßling, A.: Über die mikroskopisch heterogene Reaktionsweise von Fasern. Protoplasma, **26**, 45 (1936). — Der Feinbau der Zellwände. Naturwiss., **28**, 385 (1940).
11. Frey-Wyßling, A., und Stüßi, F.: Festigkeit und Verformung von Nadelholz bei Druck quer zur Faser. Schweiz. Zschr. f. Forstwesen, 1948, Nr. 5.
12. Stüßi, F.: Über Grundlagen des Ingenieurholzbaues. Schweiz. Bauztg., **65**, 24 (1947).

#### Résumé

La différence entre la recherche fondamentale et la recherche appliquée est exposée au début. Alors qu'en Suisse, la recherche appliquée s'est plus ou moins maintenue à la hauteur du développement des sciences forestières, la re-

cherche fondamentale a été reléguée à l'arrière-plan à la section forestière de l'EPF, par manque de place.

A l'aide de documents photographiques, faits au microscope à éclairage lumineux et au microscope électronique, sur le bois initial et final, les poches résinifères, l'élasticité de structure et les microfentes de rupture des parois cellulaires, la différenciation et la chimie des cellules ligneuses, on démontre comment l'examen d'un problème dans la recherche fondamentale peut conduire à de nouvelles connaissances, utilisables directement ou indirectement par la pratique.

## **La conception suisse de la sylviculture et les conditions forestières de la Belgique**

Par *M. Van Miegroet*

Institut de sylviculture RLHS, Gand

(Oxf. 2)  
(2)

Au cours des temps, la sylviculture et l'économie forestière ont pris dans des pays différents, suivant la position et les particularités phytogéographiques de ceux-ci, un caractère qui leur est propre, sous une forme que des variations politiques et économiques n'ont cessé de refaçonner d'une manière plus ou moins radicale et qui reflète l'influence des conditions de propriété.

Il nous a paru intéressant d'examiner dans quelle mesure la conception suisse de la sylviculture, les idées développées successivement par Engler, Schädlin et Leibundgut à la chaire (resp. à l'institut) de sylviculture de l'EPF et réunies en une doctrine cohérente, sont réalisées en Belgique, jusqu'à quel point il est possible d'appliquer cet enseignement plus complètement dans notre pays, dans une adaptation conséquente, quelles sont, enfin, les conditions pour cela.

Notons d'emblée que la Suisse et la Belgique diffèrent fortement dans leur structure politique, leurs conditions de propriété, leurs vues en politique forestière, leur position géographique, l'écologie générale, etc., si bien que certains problèmes forestiers actuels s'y présentent parfois d'une manière extrêmement diverse. Un parallèle est cependant justifié, car ces pays sont l'un et l'autre de faible superficie et densément peuplés de gens à standard de vie élevé, et une disette de bois croissante leur est commune, qui commande une intensification du traitement forestier. A cela vient s'ajouter qu'ils se trouvent tous deux dans la zone où les cultures française et allemande s'entrepénètrent, qu'ils ont, à ce point de vue-là, subi les mêmes influences dans des conditions historiques totalement différentes.