**Zeitschrift:** Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss foresty journal = Journal forestier suisse

**Herausgeber:** Schweizerischer Forstverein

**Band:** 109 (1958)

**Heft:** 7

**Artikel:** Holzbiologie an der ETH : Rückblick und Ausblick

**Autor:** Bosshard, H.H.

**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-766285

**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:** 05.12.2025

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

# Holzbiologie an der ETH – Rückblick und Ausblick*)

Von *H. H. Bosshard,* Zürich

Oxf.: 812

Auf Anfang April dieses Jahres ist an unserer Hochschule eine Professur für Holztechnologie errichtet worden. Das gibt mir Anlaß, in erster Linie Ihnen, sehr geehrter Herr Schulratspräsident, für die stete Förderung aller Belange der Holztechnologie meinen besten Dank auszusprechen. – Gestatten Sie mir, sehr verehrte Anwesende, in der heutigen Einführungsvorlesung auf die Entwicklung der Holzbiologie an der ETH einzutreten. In jahrzehntelanger Arbeit ist in verschiedenen Instituten ein Vermögen an Erfahrung und Wissen in Holzbiologie gesammelt worden, das nun als überaus wertvolles Erbgut zur Verfügung steht und das weise zu verwalten und zu äufnen Pflicht und Vorrecht der Erben ist. Erlauben Sie mir, zuerst einen Ueberblick über bisherige Tätigkeiten zu geben, dem anschließend ein kurzer Ausblick auf die uns übertragene Aufgabe folgen soll.

Im Jahre 1954 entdeckte Prof. Schulmann von der University of Arizona in den White Mountains von Californien einen Standort von über 4000jährigen Borstenkiefern *(Pinus aristata Engl.).* Damit waren die ehemaligen Rekordträger, die Mammutbäume der Gattung Sequoia mit nachweisbaren Altern von mehr als 3200 Jahren deutlich überholt. Es hat wirklich etwas Bestechendes an sich, noch lebende Zeugen aus Zeiten zu finden, in denen im südrussischen Raum die Frühvölker der indogermanischen Stämme lebten, in denen sich babylonische Reichsmacht entfaltete und in denen die Ursprünge israelitischer Volksgemeinschaft liegen.

Derart alte Bäume werden manchenorts als lebende Kalender bezeichnet, obwohl sie sich über das Geschick der Menschen und ihre Geschichte weitgehend ausschweigen und nur durch den Bau der Zuwachsringe einige Hinweise auf klimatische Veränderungen verraten. Zum eigentlichen Kalender kann ein Baum erst werden, wenn wir rückschauend historisches Geschehen in seinen Wachstumsverlauf hineindatieren. – Wir haben mit den entwicklungsgeschichtlichen Daten der Holzbiologie an der ETH einen entsprechenden Versuch unternommen (Abbildung 1). Der von der Stadtforstverwaltung Winterthur in freundlicher Weise zur Verfügung gestellte Stammabschnitt einer Rottanne zählt 117 Jahrringe. Das Gründungsjahr 1855 unserer Hochschule ist also schon sein 14. Lebensjahr. Von diesem mark-nahen Standort aus werden wir uns schrittweise, Jahrzehnte übergehend, gegen das Kambium bewegen und dabei nur die wichtigsten Daten der Holzbiologie besonders vermerken. Vorerst verstreichen beinahe fünfzig

* Einführungsvorlesung an der Eidgenössischen Technischen Hochschule, gehalten am 21. Juni 1958.

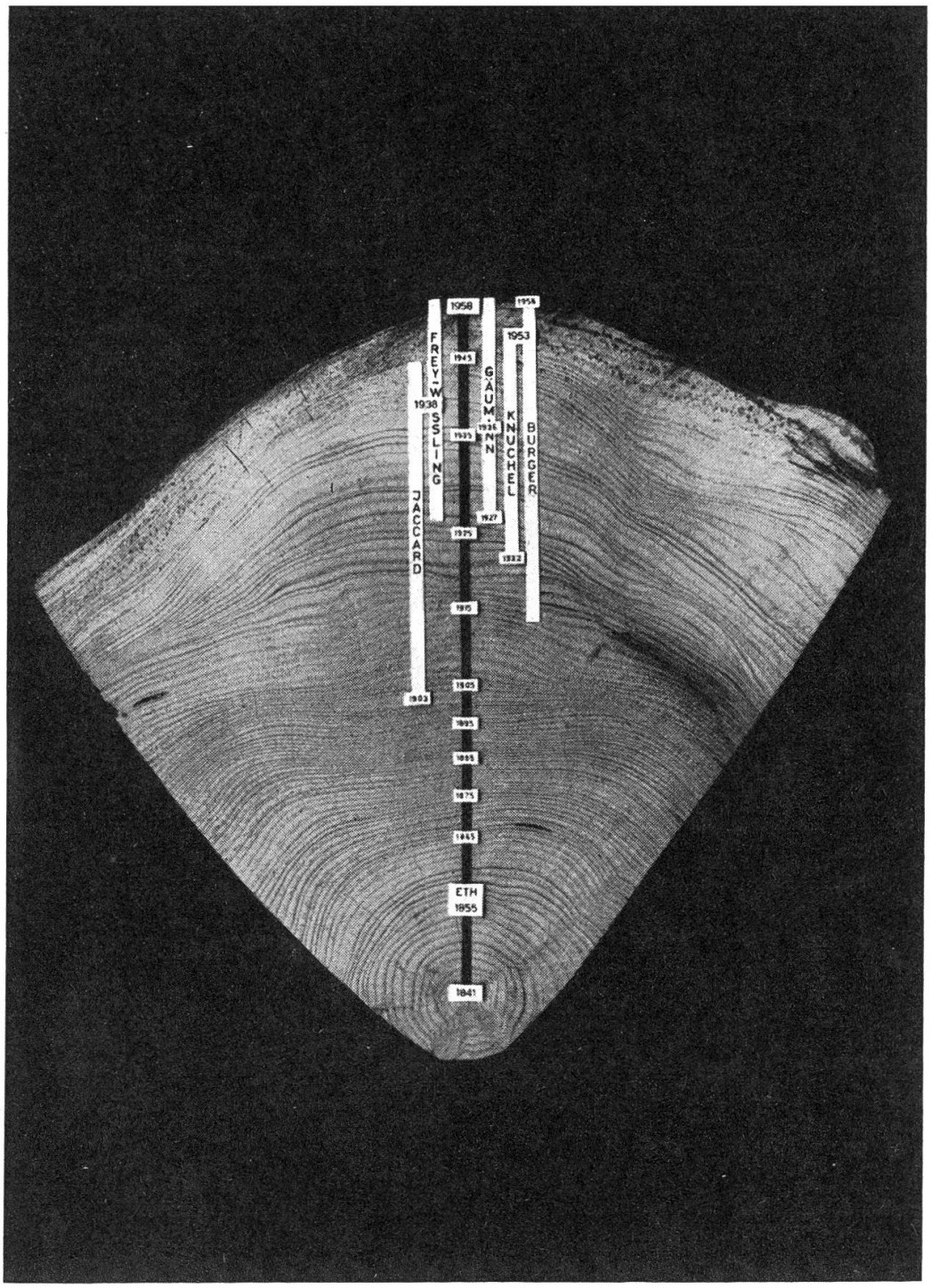


*Abbildung 1*

Entwicklung der Holzbiologie an der ETH dargestellt im «lebenden Kalender» eines Rottannen-Abschnittes

Jahre, von 1855 bis 1903, in denen an der Forstschule und der naturwissenschaftlichen Ableitung Fachleute für die Forstwirtschaft ausgebildet werden und auch verschiedene den Wald betreffende Forschungs-

arbeiten entstehen, in denen sich aber niemand mit holzbiologischen Fragen beschäftigt. 1903 wird Prof. Jaccard mit dem Lehrstuhl für Allgemeine Botanik betraut. Damit beginnt eine außerordentlich vielversprechende Entwicklung in der biologischen Holzforschung, die 1938 von Prof. Frey-Wyßling übernommen und zur eigentlichen Blüte geführt worden ist. Neben dieser einen Hauptlinie weist seit 1922, d. h. seit der Wahl von Prof. Knuchel zum Ordinarius für Forstwissenschaften, eine zweite markante Forschungsbewegung in derselben Richtung, eine Forschungsbewegung, die von 1927 an während einigen Jahren durch Beiträge von Prof. Gäumann wesentlich bereichert worden ist. In ihren Dienst hat sich auch Prof. Burger gestellt, bis 1953 als Direktor der forstlichen Versuchsanstalt, seither, nach dem Rücktritt von Prof. Knuchel, als Betreuer des Unterrichtes in Holztechnologie. Damit stehen wir zum zweitenmal im Kambialbereich, am Anfang also einer neuen Zuwachszone. Das Bild ist zutreffend für den gegenwärtigen Stand der Dinge: Das Wachstum neuer Jahrringe steht bevor; ebenso das Wachstum der Forschungsarbeiten der neuen Professur für Holztechnologie. In beiden Fällen ist das Gedeihen neben den inneren Kräften des Bildungsgewebes mit einer Kette von äußeren Einflüssen verknüpft. Als Biologen wissen wir, daß gerade diese äußeren Faktoren sehr entscheidend sind, ja oft ausschlaggebend das Gelingen eines guten Jahrringes bestimmen. Dank großzügiger Unterstützung durch den schweizerischen Schulrat ist ein tiefgründiger, guter Standort geschaffen worden: Das neue Laboratorium für mikrotechnologische Holzforschung kann Wurzeln schlagen und standfest werden. Hoffen wir auch auf ein für uns günstiges, wachstumsförderndes Klima! – Bevor neue Möglichkeiten der holzbiologischen Forschung zur Sprache kommen, wollen wir in einem kurzen Rückblick ihre Entwicklungsgeschichte kennen lernen.

*Holzbiologie an der ETH von 1903 bis 1958*

Es bleibt das uneingeschränkte Verdienst Professor Jaccards, der von 1903 bis 1938 den Lehrstuhl für Allgemeine Botanik innehatte, daß er die Aufmerksamkeit weiter naturwissenschaftlicher und forstlicher Kreise auf die Holzanatomie und ihr verwandte Gebiete lenkte. Jaccard hat sich intensiv und erfolgreich in diesen Forschungsrichtungen betätigt und uns eine ganze Reihe wertvoller Arbeiten hinterlassen. Sie betreffen hauptsächlich Zusammenhänge zwischen Holzstruktur und physikalisch-mechanischen Holzeigenschaften. In diese Arbeitsrichtung hinein gehören z. B. seine ausgedehnten Untersuchungen von Zug- und Druckholz. Eine zweite Hauptrichtung verfolgte Jaccard mit Arbeiten über die Bildung der Schaftformen verschiedener Baumarten, insbesondere der Fichte, in denen er sich den rein mechanistisch konzipierten Erklärungstheorien seiner Zeitgenossen widersetzt und auf die Bedeutung von physiologisch wirksamen

Faktoren für das Baumwachstum hinweist. Wie sehr sich Jaccard mit diesen Auseinandersetzungen identifiziert hat, zeigen beispielsweise zwei an sich rein anatomisch-biologisch gelegene Arbeiten über die Verteilung von Markstrahlen in Coniferen und über den Beginn und Verlauf der Kambiumtätigkeit bei einigen Waldbäumen, welche beide in den Dienst dieser Disputationen getragen worden sind.

Die Tätigkeit Jaccards kann aber mit dem Hinweis auf Publikationen nie voll erfaßt werden. Es ist notwendig, auch die Nachhaltigkeit seines persönlichen Wirkens zu kennen. Hier sei nur an die Sammlung von Holzmustern aus aller Welt erinnert, die von ihm angeregt und später weitergeführt worden ist, oder auch an die Sammlung von Fachliteratur, welche unter seiner Hand angelegt werden konnte. Die glücklichste Nachwirkung aus Jaccards Zeit und die bedeutendste zugleich sehen wir in der Einbürgerung des Holzes als Forschungsobjekt im Institut für Allgemeine Botanik.

Der personelle Wechsel in der Professur für Allgemeine Botanik fällt in das Jahr 1938. Prof. Frey-Wyßling, der neugewählte Ordinarius, hat sich schon zu Jaccards Zeiten mit Problemen der Holzbiologie befaßt. Er widmete sich nun zunächst in diesem Forschungsgebiet den Zusammenhängen zwischen technisch überbeanspruchtem Holz und Holzstrukturen und führte verschiedene Fragen in einer Reihe von Publikationen zur Klärung. Diese Arbeiten zeigen schon deutlich die Tendenz, Untersuchungsmethoden der Biologie auf holztechnologische Probleme zu übertragen und so auf Fragen der Praxis einzutreten. Das kommt besonders in Untersuchungen zur Geltung, in denen Frey-Wyßling die Anisotropie der Holzschwindung bearbeitet hat; 1940 die Anisotropie des Schwindmaßes auf dem Holzquerschnitt, im gleichen Jahr noch eine Arbeit über die Ursachen der anisotropen Schwindung des Holzes, und schließlich 1943 eine Arbeit mit dem Titel «Weitere Untersuchungen über die Schwindungsanisotropie des Holzes». Hier wird jedesmal ein Thema holztechnologischer Prägung aufgegriffen, zu dessen Abklärung biologische Experimentierkunst in hohem Maße Erfolg verspricht. Das Problem der Holzschwindung z. B. muß einerseits in der chemischen Struktur, anderseits aber auch in der mikroskopisch sichtbaren Feinordnung der Holzgewebe begründet liegen. Daß Frey-Wyßling darüber hinaus die Frage auch auf der Ebene des submikroskopischen Feinbaues diskutiert, charakterisiert noch eindrücklicher die Vielgestaltigkeit von Holzuntersuchungen. Wir sehen in diesen Arbeiten die großen Möglichkeiten, die der biologisch orientierten Holzforschung offen stehen und mit denen sie der Holzindustrie wertvolle Dienste leisten kann.

In den folgenden Jahren bis 1952 treten die reinen Holzstudien vorübergehend in den Hintergrund. In diese Zeit fällt die glänzende Entwicklung der Feinstrukturuntersuchungen von Zellwänden. Das Institut für

Allgemeine Botanik wird durch elektronenmikroskopische Ausrüstungen bereichert und entsprechende Arbeiten tragen seinen Namen, und vor allem den Namen seines Vorstandes weit über unsere Landesgrenzen hinaus. Erneut überträgt Prof. Frey-Wyßling sein weites Wissen und seine Erfahrung in Fragen der submikroskopischen Morphologie auf das Objekt Holz. Damit verdichtet sich die Bedeutung der Zürcher Schule auf dem Gebiete der biologischen Holzforschung, und es ist nur zu wünschen, daß die einmal eingeschlagene Forschungsrichtung in immer neuen Arbeiten weitergeführt werden kann. Ich möchte meinem verehrten Lehrer, Herrn Rektor Prof. Frey-Wyßling herzlich danken für die außerordentlich lebendige und kräftige Unterstützung und für sein fortdauerndes Interesse an der Holzforschung.

Die Beschreibung der biologischen Holzforschung am Institut für Allgemeine Botanik zeigt Ihnen eine Linie, eine Folge von Bestrebungen, die keineswegs für sich isoliert dastehen. Mit der Wahl von Prof. Knuchel im Jahre 1922 zum Ordinarius für Forstwissenschaften stehen wir am Anfang einer mit viel Begeisterung und Geschick geführten Arbeit in Holzbiologie. Der Forstmann Knuchel hat sich in der Anfangszeit ganz intensiv mit biologischen Fragen aus der forstlichen Praxis beschäftigt, zum Beispiel 1930 mit Untersuchungen über den Einfluß der Fällzeit auf die Eigenschaften des Fichten- und Tannenholzes und 1935 auch mit Untersuchungen entsprechender Einflüsse auf die Eigenschaften des Buchenholzes. Diese äußerst interessante Fragestellung, die ganz bedeutend in das Gebiet der Baumphysiologie hineinreicht, zeigt die Aufgeschlossenheit des Försters für die Biologie des Holzes. In der Arbeitsweise Knuchels öffnet sich uns das weite Wirkungsfeld einer waldverbundenen Forschung in Holzbiologie. Aehnlich wie die Arbeiten Frey-Wyßlings die Verbindung zur Holzindustrie zeigen, erfahren wir besonders in den ersten Arbeiten Knuchels den offenen Zugang zur Forstwirtschaft.

In derselben Zeitspanne von 1927—1936, in der sich Prof. Knuchel mit großem Erfolg der Holzbiologie widmete, hat sich auch Prof. Gäumann mit ähnlichen Problemen befaßt. Seine Publikationen von 1928 über die chemische Zusammensetzung des Fichten- und Tannenholzes in verschiedenen Jahreszeiten, und von 1935 über den Stoffhaushalt der Rotbuche, 1936 auch über den Einfluß der Fällzeit auf die Eigenschaften des Buchenholzes genießen ungeschmälerte Geltung und bilden immer noch die einzige Grundlage für verschiedene Fragen der Baumphysiologie. — Die Forschungsrichtungen von Prof. Gäumann und Prof. Knuchel haben sich auch später immer wieder getroffen, besonders in Fragen der Holzkonservierung. — 1943 berichtet Prof. Knuchel über Ergebnisse eines Versuches mit nicht imprägnierten und imprägnierten Buchenschwellen verschiedener Fällzeit. Ein Jahr später liegt auch eine umfang-

reiche Untersuchung über das Raumgewicht und das Schwindmaß schweizerischer Hölzer vor. Seit 1934, dem Erscheinungsjahr der ersten Auflage, ist zudem das im Auftrag der Lignum herausgegebene Buch Knuchels über Holzfehler verschiedentlich neu bearbeitet worden. Diese äußerst geschickt zusammengestellte Beschreibung von Holzfehlern ist auf Grund einer entsprechenden Kollektion von fehlerhaften Holzstücken entstanden, welche heute noch dem holztechnologischen Unterricht als wertvolles Anschauungsmaterial dient. Daneben hat Knuchel mit Sachkenntnis und Liebe eine allgemeine holztechnologische Sammlung angelegt und darüber hinaus seine Aufmerksamkeit immer wieder den ausländischen, insbesondere den tropischen Holzarten zugewendet. Mit großem Eifer hat er eine einzigartige Holzmustersammlung begründet, die zusammen mit derjenigen des Institutes für Allgemeine Botanik die umfangreichste Xylothek der Schweiz ergeben hat. 1954, kurz nach seiner Demission als Ordinarius für Forstwissenschaften, hat uns Professor Knuchel noch ein Handbuch geschenkt, das vollumfänglich dem Thema Holz gewidmet ist und in seiner breiten, leicht zugänglichen Stoffverarbeitung sowohl Studenten als auch Praktikern große Hilfe leistet. Besonders der dritte Teil dieses Buches, ein Holzartenlexikon, verdient spezielle Beachtung, schließt es doch in der deutschsprachigen Fachliteratur eine empfindliche Lücke.

Ich möchte die Gelegenheit wahrnehmen und Prof. Knuchel für seine weite Voraussicht und die unermüdliche Förderung der Holztechnologie herzlich danken.

Das holztechnologische Arbeits- und Lehrgebiet ist 1953 von Professor Knuchel an Professor Burger übertragen und damit wiederum einem Forstmann von internationaler Geltung anvertraut worden.

Prof. Burger hat beide Aufgaben bis vor kurzem mit dem Einsatz seiner ganzen Kraft verwaltet. Die Forschungsarbeiten Burgers in Holzbiologie betreffen in erster Linie Zusammenhänge zwischen Holz, Blattmenge und Zuwachs verschiedener Baumarten. Sie zeugen von seltener Konsequenz und Treue zum einmal festgelegten Forschungsziel und haben zum Ansehen der Zürcher Holzforschung ganz entscheidend beigetragen[1].

Die geschichtliche Betrachtung zeigt, in welchem Maße sich verschiedene ETH-Institute mit biologischer Holzforschung befaßt haben. Diese Anstrengungen sollen nun intensiviert werden im neu errichteten Laboratorium für mikrotechnologische Holzforschung. Die neu gewählte Bezeichnung «Mikrotechnologie des Holzes» läßt eine ganz bestimmte Arbeitsweise erwarten, auf deren Grundkonzeptionen nun mit einigen Gedanken hingewiesen sei.

[1] Wenn wir von der Zürcher Holzforschung sprechen, so dürfen die Holzabteilung der EMPA unter der Leitung des Herrn Arch. H. Kühne und das holzbiologische Laboratorium der Eidgenössischen Anstalt für das forstliche Versuchswesen unter Leitung von Herrn Dr. O. Lenz keineswegs außer acht gelassen werden. Neben ihnen werden in verschiedenen privaten Laboratorien ebenfalls wesentliche Forschungsarbeiten geleistet, hauptsächlich auf dem Gebiet der Holzverwertung.

Die Professur für Holztechnologie tritt ein beachtliches Erbe an holzbiologischen Arbeitserfahrungen an. Es ist auf zwei Hauptquellen zurückzuführen und zeigt Verbindungen der biologischen Holzforschung einerseits zur Industrie, anderseits zur Forstwirtschaft. Welche Richtung sollen wir nun einschlagen, welches Gepräge sollen die Arbeiten erhalten und was für materielle Forschungsmöglichkeiten stehen uns offen?

Zur ersten Frage möchten wir die Antwort vorwegnehmen. Industrieorientierte Forschung oder Forschung mit vorwiegend forstlichen Interessen, das ist für uns keine Alternative. Wir sehen nur das Gesamtbild und möchten beiden Teilen dienstbar werden. Einer lebenstüchtigen Beziehung zur schweizerischen Holzindustrie und zur Forstwirtschaft kommt außer Zweifel größte Bedeutung zu. Die Zusammenarbeit in gegenseitiger Beratung und Förderung, aber auch die Verknüpfung in gemeinsamen Forschungsproblemen wird eine der wesentlichsten Bereicherungen der neuen Professur sein. Bereitschaft und Verwirklichung gegenseitiger Hilfe sind dabei sichere Grundlagen für fruchtbringendes Schaffen. Ich darf hier meine Freude darüber äußern, daß so viele Fachleute der Wald- und Holzwirtschaft regen Anteil nehmen an holztechnologischen Problemen, und ich darf auch meinen Dank aussprechen für die kräftige Unterstützung der Holzforschung durch die Holzindustrie und die Forstwirtschaft.

Mit der Verbindung zur Industrie und zum Wald sind die zwei wichtigsten Merkmale künftiger Forschungsarbeit genannt. Manchenorts herrscht sogar die Auffassung, hier zu begrenzen und der neuen Professur ausschließlich solche Arbeiten zuzuweisen, die einer dieser beiden Richtungen entspricht. Diese Stellungnahme muß beachtet werden. Sie führt uns zu der vielfach diskutierten Frage der Grundlagenforschung und der Zweckforschung. In der Holztechnologie ist davon viel die Rede: Sie wird als ausgesprochen zweckgebunden bezeichnet im Gegensatz zu Arbeiten, die sich nicht um direkte, praktische Anwendbarkeit der Resultate kümmert. Liegt aber auf dieser Ebene wirklich ein sachlich begründeter Unterschied? Müssen wir nicht eher differenzieren zwischen reiner Wissenschaft wie z. B. Mathematik oder Physik und ihrem methodentreuen Schaffen einerseits und angewandter Wissenschaft, wie z. B. Medizin oder Biologie mit ihrer ausgeprägten Objekttreue anderseits? Die Objektwahl kann dabei enger oder liberaler sein, sie bleibt doch Kennzeichen eigentlich technologischer Forschung, d. h. Anwendung reiner Naturwissenschaften und ihrer Methoden auf bestimmte Objekte. Diese Anwendung darf aber nicht einseitig als Zweckforschung bezeichnet werden. Sie kann sich in praktischen Resultaten auswirken, sie kann aber auch zu Ergebnissen führen, die mindestens zu-

nächst nicht in die Praxis eingreifen. Wenn wir diesen Sachverhalt klar sehen, so müssen wir erkennen, daß holztechnologisches Arbeiten Zweckforschung und Grundlagenforschung einschließen muß. Wir dürfen den Baum technologischer Forschungsarbeit nicht gefährden, indem wir ihm die Wurzeln beschneiden. Die Holztechnologie und mit ihr die Holzbiologie haben andere Grenzen: Sie halten sich beide streng an ihr Forschungsobjekt Holz. Jede Begrenzung ist aber in gewisser Hinsicht Verarmung, auch wenn sie weiser Einsicht entspricht. Die Begrenzung in der Holzbiologie wird um so schmerzlicher fühlbar, je enger die Auswahl der anwendbaren Methoden getroffen wird. Es ist deshalb unser Anliegen, daß der Holzbiologie alle Methoden der Biologie erhalten bleiben mögen, ein Wunsch, der großes Verständnis und eine weitherzige, liberale Haltung der neuen selbständigen Forschungsrichtung gegenüber in sich schließt. – Die Frage nach dem Gepräge unserer künftigen Arbeit wäre mit diesen Gedanken im Prinzip beantwortet. Wir wollen später an einem Beispiel andeuten, wie wir uns die praktische Auswirkung vorstellen.

Nun noch ein Wort zu den materiellen Forschungsmöglichkeiten. Holztechnologie kann auf die verschiedensten Pfeiler der Naturwissenschaften abgestützt werden. In großen holztechnologischen Instituten, beispielsweise in Madison (Wisconsin USA) ist auch das ganze Spektrum von der Holzchemie bis zur systematischen Holzanatomie vorhanden. Das erfordert einen großen Stab von Mitarbeitern und entsprechende laboratoriumsmäßige Ausrüstungen. Für ein solches Unternehmen fehlen aber in unseren schweizerischen Verhältnissen die Voraussetzungen. Es zeigt sich deutlich, daß die ETH mit ihrer holztechnologischen Professur der gesamtschweizerischen Holzforschung am besten dient, wenn hier die Anliegen der Holzbiologie in den Vordergrund gestellt werden. Damit gilt die Einschränkung, daß weder Holzchemie noch mechanische Technologie, noch Verfahrenstechnik in unser Programm aufgenommen werden sollen. Das neue Laboratorium für mikrotechnologische Holzforschung erhält neben einer guten mikroskopischen Ausrüstung Einrichtungen zur Untersuchung physikalischer Kenngrößen des Holzes. In dieser Beziehung werden wir in erster Linie das dielektrische Verhalten des Holzes prüfen und weitere Schwindungsversuche einleiten. Eine Spezialapparatur wird Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der Holzimprägnierung erlauben. Alle Arbeiten werden in engen Zusammenhang mit der Anatomie und der Physiologie des Holzes gestellt. Entsprechende Probleme wie z. B. die Farbkernbildung sind deshalb wichtige Ausgangsfragen für die technisch orientierten Versuche der Holzphysik. Ein Hinweis auf mikroskopische Untersuchungen an Holzwerkstoffen ergänzt schließlich die generell gehaltene Aufzählung künftiger Arbeiten. – Damit wären Ziel, Weg und Mittel künftiger Forschungen der Holzbiologie skizziert. Gestatten Sie mir noch, verehrte Anwesende, in einer kurzen Berichterstattung über Untersuchun-

gen der Schwindungsanisotropie näheren Einblick in unsere Arbeitsmethoden zu vermitteln.

*Ueber die Anisotropie der Holzschwindung*

Quellen und Schwinden des Holzes beeinträchtigen seine Verwendung als Konstruktionsmaterial und schmälern damit den guten Ruf als Baustoff. In Vorzeiten sind mit den bei der Holzquellung entstehenden Kräften Steinquader auseinandergezwängt worden. Das Bild ist imposant und unterstreicht die Wirksamkeit der gebundenen Gewalten, die trockenem Holze innewohnen.

Der wesentliche Grund des Quellungsphänomens liegt in dem ausgesprochenen Porenreichtum der Holzzellwand. Feinstrukturuntersuchungen zeigen im cellulosischen Wandanteil ein interfibrillares Hohlraumsystem mit Kapillardurchmessern von der Größenordnung von 100 Å, und intermicellare Poren mit etwa 10 Å großen Durchmessern. Diese Kavernen und Kanäle mit submikroskopischen Abmessungen verkrusten teilweise durch Einlagerungen von Lignin, von Gerbstoffen, Farbkernsubstanzen und Farbstoffen. Immerhin füllen die inkrustierenden Substanzen die submikroskopischen Poren nicht vollständig, so daß dem Wasser der Zutritt zur Cellulose ermöglicht bleibt. Dieser Vorgang kann mit den allgemein gültigen Sorptionsgesetzen umschrieben werden. Die darrtrockene Holzzellwand verfügt über eine gewisse, chemisch und physikalisch begründete Kapazität der Wasseraufnahme und Wasserbindung; sie nimmt in einem feuchten Klima kondensierbaren Dampf begierig auf. Der Sättigungsvorgang dauert so lange, bis die Feuchtigkeit des Holzes der Luftfeuchtigkeit das Gleichgewicht hält. Mit der Wasseraufnahme ändert sich aber nicht nur der Feuchtezustand des Holzes, sondern damit verbunden äußert sich eine meßbare Volumenänderung der Holzzellwand. Setzt man die Raumquellung der Holzzellwand mit ihrem Feuchtegehalt in Korrelation, so resultiert bei steigender Feuchte eine Zunahme der Raumquellung bis zu einem für die bestimmte Holzart charakteristischen Wert; er entspricht dem absoluten Sättigungswert der Zellwand. Weitere Wassergaben können nicht mehr in die Zellwand selbst, sondern nur noch in das mikroskopische Kapillarsystem des Zellverbandes aufgenommen werden. Dadurch ändert sich der Feuchtegehalt des Holzes, nicht aber sein Volumen. Die Sättigung der Faserwände wird bis zu einem gewissen Grade von spezifischen Merkmalen einzelner Holzarten begrenzt und kann sich in einem Holzstück nur solange halten, als der Gleichgewichtszustand mit der Luftfeuchtigkeit anhält. Sinkt die Luftfeuchtigkeit, so gibt die gesättigte Holzzellwand Wasser an die Umgebung ab, bis ein neuer Gleichgewichtszustand erreicht ist. Wasserabgabe unterhalb dem Fasersättigungspunkt führt aber zu Volumenverminderung der Zellwand, zur Raumschwindung. Wird im Trocknungsprozeß der Feuchtegehalt des

Holzes zur Volumenverminderung in Korrelation gebracht, so ergibt sich eine Raumschwindungskurve. – Solche Beobachtungen werden durch Untersuchungen der linearen Schwindung in den drei Hauptrichtungen des Stammes ermöglicht. Entsprechende Messungen verdeutlichen die besondere Kraft der Bewegung in tangentialer Richtung zu den Jahrringen ($\beta t$); sie entspricht ungefähr dem doppelten Wert der Bewegung in radialer Richtung ($\beta r$) und etwa dem zwanzigfachen Wert derjenigen in der Längsrichtung ($\beta l$). Für den Schwindungsvorgang gilt somit die allgemeine Beziehung:

$$\beta t : \beta r : \beta l \sim 2 : 1 : 0\text{-}1$$

Damit gelangen wir zur Formulierung der Schwindungs-Anisotropie $\varepsilon = \beta t/\beta r$, einer außergewöhnlich wichtigen Eigenschaft des Holzes. Das nach Richtung verschiedene Schwinden bedingt innere Spannungen im Holz. Rißbildungen, Verwerfungen und dergleichen sind Folgen davon und führen oft zur vollständigen Materialentwertung oder zu Gefährdung von Bauteilen. Aus solchen Gründen ist zu erwarten, daß das Phänomen der anisotropen Holzschwindung immer wieder neu erforscht und nach geeigneten Maßnahmen zu seiner Verhütung

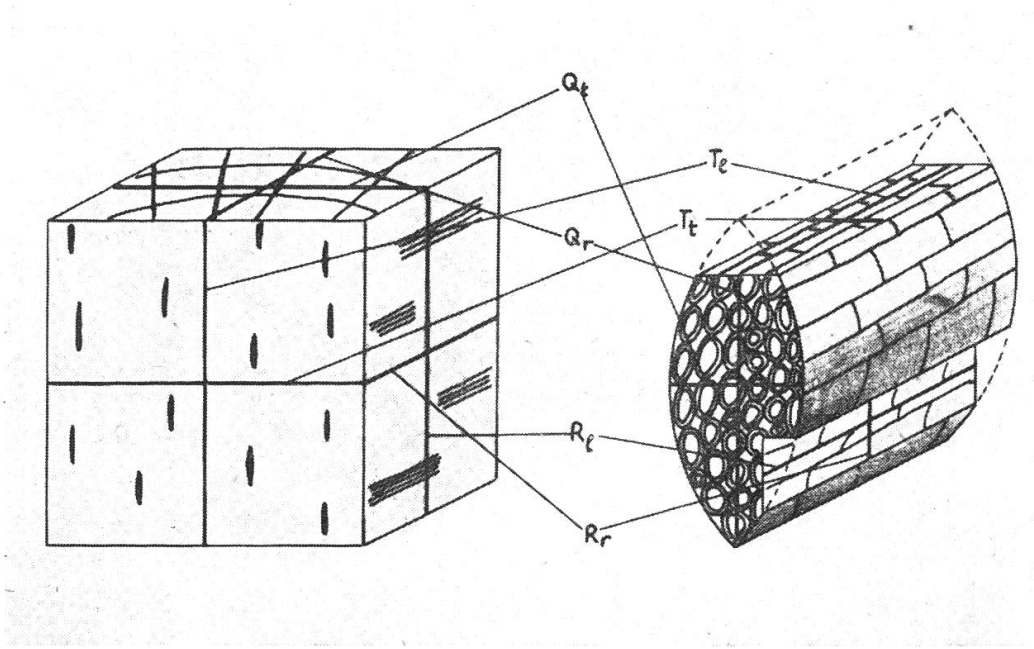


*Abbildung 2*
*Meß-Schema für Schwindungsuntersuchungen.*

Im Querschnitt: Quer-tangential Schwindung ($Q^t$) und Quer-radial Schwindung ($Q^r$)

Im Tangentialschnitt: Tangential-tangential Schwindung ($T^t$) und Tangential-längs Schwindung ($T^l$)

Im Radialschnitt: Radial-radial Schwindung ($R^r$) und Radial-längs Schwindung ($R^l$)

In der schematischen Darstellung eines Markstrahles sind die Meßrichtungen des Holzwürfels in die entsprechenden Schnittebenen eingetragen

gesucht wird. Es ist bekannt, daß in Holzarten mit niedrigem Raumgewicht der Anisotropiekoeffizient $\varepsilon$ im Maximum auf 3.7 steigen kann, während als geringster Wert für $\varepsilon$ in sehr schweren Holzarten 1.2 gemessen wird. Diese Zahlenangaben weisen auf eine außerordentliche Streuung der $\varepsilon$-Werte hin, die möglicherweise in der mikroskopischen Holzstruktur begründet liegt, was wir nun in entsprechenden Versuchen abklären wollen.

Die Schwindung mißt man meist an größeren Holzstücken und ermittelt damit Resultate, die von den Konstrukteuren direkt in ihre Berechnungen einbezogen werden können. Der Einfluß der einzelnen Gewebearten auf die Schwindung kann aber in dieser Weise nicht überprüft werden. Dazu müssen die konventionellen Meßmethoden verlassen und beispielsweise Messungen an Dünnschnitten erhoben werden; obwohl solche Resultate nicht als Konstruktionsunterlagen dienen können, sind sie als Vergleichsgrößen äußerst wertvoll. Bisher liegen allerdings nur wenig derartige Schwindungsuntersuchungen an Dünnschnitten vor, weil die Erhebungen mit verschiedenen methodischen Schwierigkeiten verbunden sind. Eine große Erleichterung und Vereinfachung bringt die Anwendung eines Hochfrequenz-Heiztisches, auf dem die Schnitte während der Trocknung laufend mikroskopisch beobachtet werden können. So ist es möglich, in relativ kurzer Zeit genügend Schnitte auszumessen und die Meßergebnisse statistisch auszuwerten. – Wir haben für diese Untersuchung an 40 $n$ dicken Schnitten ein spezielles Meßschema entworfen (Abbildung 2). Aus den Messungen in den Schnittrichtungen quer, tangential und radial lassen sich zwei Anisotropiekoeffizienten $\varepsilon a = \beta Qt/\beta Qr$ (Queranisotropie im Querschnitt) und $\varepsilon L = QTt/\beta Rr$ (Queranisotropie der Längsschnitte) berechnen, welche Schwindungsunterschiede in verschiedener, nämlich in tangentialer und radialer Richtung, beschreiben. In gleichen Meßrichtungen, d. h. entweder nur in tangentialer oder in radialer Richtung wird die Schwindung mit drei Schwindungsquotienten charakterisiert: $\eta T = \beta Qt/\beta Tt$ (Quotient der Tangentialschwingung), $\eta R = \beta Qr/\beta Rr$ (Quotient der Radialschwingung) und $\eta L = \beta Tl/\beta Re$ (Quotient der Längenschwindung). Diese Ausdrücke beschreiben sämtliche Schwindungseigenschaften einer Holzart. Da die Messungen an Dünnschnitten nicht durch innere Schwindspannungen beeinträchtigt werden wie Messungen an Holzklötzen größeren Ausmaßes, kann der Einfluß verschiedener Gewebearten des Holzes auf die Anisotropie der Schwindung untersucht werden.

Entsprechende Experimente an Dünnschnitten von *Pinus strobus* L., *Tsuga canadensis* Carr. und *Tilia glabra* Vent. zeigen neben anderen Resultaten vor allem eine markante Queranisotropie in allen Holzarten. Hauptsächlich im Querschnitt dominiert die tangentiale Schwindung über die radiale, und in den Längsschnitten ergibt sich eine gleichläufige Bewegung. Dieses anisotrope Verhalten war zu erwarten und bestätigt höch-

stens die Anwendbarkeit der Dünnschnittmethode. Ein neues, durchaus unerwartetes Resultat wird aber durch die Berechnung des Quotienten der Tangentialschwindung ($_{\eta}T = \beta Qt/\beta Tt$) erzielt. In allen drei Holzarten und auch in anderen, speziell darauf hin geprüften, dominiert die Tangentialschwindung des Querschnittes $\beta Qt$ über diejenige des Tangentialschnittes $\beta Tt$. Dasselbe gilt für den Quotienten der Radialschwindung, der auch in jedem Falle $>1$ ausfällt.

Wir wollen nun auf Grund dieser neuen Ergebnisse besonders die Tangentialschwindung, aber auch das anisotrope Verhalten der Schwindung überprüfen, und versuchen, sie mit der Holzstruktur in Zusammenhang zu bringen.

Im Querschnitt liegt ein völlig anderes Schnittbild vor als im Tangentialschnitt, was aus einem Vergleich des Grundgewebes und des Markstrahlsystems in diesen zwei Richtungen deutlich hervorgeht. Von den parallel zur Stammachse verlaufenden Fasern bleiben im querorientierten Dünnschnitt nur Querwände, im Längsschnitt nur Längswände. Das Markstrahlsystem zeigt in der Querebene längsgeschnittene Markstrahlzellen, in der Tangentialebene hingegen quergeschnittene. Sie gleichen in dieser Schnittrichtung, ähnlich wie die Fasern im Querschnitt, straff geordneten Röhrenbündeln. Für die sich kreuzenden Systeme behält die Tatsache der dominierenden Tangentialschwindung von quergeschnittenen Röhrenzellen ganz besondere Bedeutung. Der Tangentialschnitt darf bezüglich Schwindung nicht mehr als Einheit aufgefaßt werden, sondern seine tangentiale Schwindung entspricht der Summe der Schwindungswerte des Fasergrundgewebes und des Markstrahlgewebes. Es gilt deshalb die Beziehung

$$\varepsilon\beta Tt\ (\text{Dünnschnitt}) = \beta Tt\ (\text{Fasern}) + \beta Qt\ (\text{Markstrahlen})$$

Berücksichtigt man dabei die vorher erwähnte Relation der größeren Tangentialschwindung im Querschnitt $\beta Qt$ als im Längsschnitt $\beta Tt$, so läßt sich leicht erkennen, daß ein hoher Anteil an Markstrahlen in einer Holzart eine entsprechend hohe Tangentialschwindung bewirkt. Die Nachprüfung dieses Satzes kann auf zwei Arten erfolgen: Erstens ist es möglich, in Holzarten mit ausgesprochen mächtigen Markstrahlen, wie beispielsweise in der Eiche oder der Buche, einzelne Markstrahlen zu isolieren und an ihnen die Schwindung zu messen. Vergleiche mit isoliertem Fasergrundgewebe ergeben eine sehr schöne Bestätigung. Zweitens ist es möglich, die aus der Literatur bekannten Tangentialschwindmaße verschiedenster Holzarten, welche alle an großen Holzmustern ermittelt worden sind, mit dem Markstrahlanteil der in Frage kommenden Hölzer zu vergleichen. Die Abhängigkeit, steigende Tangentialschwindung mit steigendem Markstrahlprozent, läßt sich statistisch sichern und beweist damit eindrücklich die Richtigkeit der vorhin genannten Zusammenhänge.

Mit der Herleitung dieser Gesetzmäßigkeit kann man vorerst die hohe Tangentialschwindung in einzelnen Hölzern erklären. Entsprechende Ueberlegungen für die Radialschwindung ermöglichen auch Aussagen über die Anisotropie der Schwindung. Im nächsten Schritt dieser Untersuchung muß nun nach den Gründen für das unerwartete Verhalten der beiden Tangentialschwindungen gesucht werden.

Mit dem Hinweis auf diese Untersuchungen möchten wir das Gespräch über die Holzbiologie an der ETH abschließen. Zusammenfassend sei vielleicht noch einmal darauf hingewiesen, daß die Anfänge dieser Forschungsrichtung über 50 Jahre zurück liegen und eng mit dem Namen Prof. Jaccards verbunden sind. Seit 1903 werden Anstrengungen in Holzbiologie bald da, bald dort mit unterschiedlicher Intensität geführt; sie zeigen in zwei Hauptlinien Verbindungen zur Holzproduktion und zur Holzverwertung. Diese Merkmale sollen von der neuen Holzforschungsstätte übernommen werden und neben Arbeiten mit rein naturwissenschaftlichem Charakter ihren berechtigten Platz einnehmen. – Im übrigen bleibe uns das Bild des Kambiums gegenwärtig: Wir stehen am Anfang einer neuen Zuwachszone – vertrauen wir auf ihre gute Entfaltung!

**L'étude de la biologie du bois à l'Ecole polytechnique fédérale. — Revue rétrospective et projets d'avenir**

Les débuts de l'étude de la biologie du bois à l'Ecole polytechnique fédérale datent de plus de cinquante ans et ils sont étroitement liés au nom du professeur Jaccard. Ce dernier a en particulier analysé les rapports existant entre la structure du bois et ses caractéristiques mécaniques et physiques, et ses travaux sur le développement des formes du fût représentent une grande contribution à ce domaine de la recherche. Durant ses 35 ans d'activité comme professeur ordinaire de botanique générale, Jaccard a rassemblé une riche collection d'échantillons de bois et a constitué une bibliothèque spécialisée sur la biologie du bois. En 1938, le professeur Frey-Wyssling a succédé à son maître Jaccard et a contribué dans les domaines les plus variés au développement remarquable de l'étude de la biologie du bois. Ses recherches sur la microstructure des parois des cellules et les études s'y rapportant sont particulièrement remarquables. Le professeur Frey-Wyssling manifeste dans sa méthode de travail la tendance d'utiliser, dans les problèmes de la technologie du bois, les méthodes biologiques.

Dès 1922, c'est-à-dire avec la nomination à l'Ecole polytechnique fédérale du professeur Knuchel, l'étude de la biologie du bois trouva à Zurich une autre raison d'avancement. Le forestier Knuchel s'intéressa en particulier à des questions en rapport avec la foresterie, et il ouvrit ainsi à la biologie du bois le chemin de la forêt. A la même époque, et souvent en collaboration avec le professeur Knuchel, les professeurs Gäumann et Burger se sont également intéressés à ce domaine de la recherche et contribuèrent ainsi au renom de l'école zurichoise de la biologie du bois.

Ces expériences basées sur des travaux de longue haleine constituent en quelque sorte le précieux héritage qu'a reçu le nouveau laboratoire d'étude microtechnologique du bois. Les travaux futurs resteront étroitement liés à l'industrie et à la forêt et de plus, ils poursuiveront également des buts purement scientifiques, comme le sont par exemple les recherches sur le retrait anisotropique du bois. La première place sera attribuée sans conteste à la biologie et à la physique du bois, ce qui signifie que le programme des recherches ne comprendra pas d'analyses chimiques du bois, ni de technologie mécanique, ni d'études de procédés technologiques.

La microtechnologie du bois a devant elle, dans notre Ecole polytechnique, un avenir que nous lui souhaitons brillant. *Farron*

# Aktuelle Probleme der Holzwirtschaft

Von *J. Keller*, Bern*

Oxf.: 717

Die Konferenz der Kantonsoberförster kann in wirtschaftlichen Fragen keine Beschlüsse fassen, die für irgend jemand bindenden Charakter hätten; dagegen ist für die Inspektion für Forstwesen sehr wertvoll, von Zeit zu Zeit einige besonders aktuelle wirtschaftspolitische Probleme zur Diskussion zu stellen, um die Auffassung des praktischen Forstdienstes kennenzulernen.

Zurzeit stehen auf dem Gebiet der Wald- und Holzwirtschaft drei Probleme im Vordergrund, nämlich: I. Festsetzung des Zolles für Nadel-Rund- und -Schnittholz; II. Marktvereinbarung für Nadelnutzholz; III. Werbung zugunsten des Bau- und Werkstoffes Holz.

## I. Der Zoll auf Nadel-Rund- und -Schnittholz

Der Schweizerische Verband für Waldwirtschaft richtete am 24. April 1955 an den Bundesrat eine Eingabe, in der beantragt wurde, *«vorübergehend und entsprechend der jeweiligen Markt- und Preissituation im Inland eine Senkung, nötigenfalls eine Aufhebung der Zölle für Nadelnutzholz, Rund- und Schnittholz, vorzunehmen»*.

Anlaß zu diesem Vorschlag gaben die sehr starken Preiserhöhungen für Nadelrundholz während der Verkaufskampagne 1954/55. Im Vergleich zur Ertragslage 1953/54 stiegen die Erlöse für Nadelrundholz um 25–30 %. Die Eidg. Preiskontrollkommission prüfte die Lage eingehend und erwog den Gedanken, erneut Höchstpreise für Nadelnutzholz einzuführen. Die schweizerische Waldwirtschaft, der Handel und nicht zuletzt auch die Kantonsoberförsterkonferenz sowie die Inspektion für Forstwesen wehrten sich gegen die geplanten staatlichen Eingriffe. Der Antrag des Schweiz. Verbandes für Waldwirtschaft hatte vor allem den Zweck, den Weg zu einer Stabilisierung der Preise mit marktgerechten Mitteln, nämlich Erhöhung des Angebotes durch Zollsenkung, aufzuzeigen. Der Bundesrat sah schließlich von der Wiedereinführung von Höchstpreisen ab, legte aber den Wirtschaftsorganisationen nahe, durch Selbsthilfemaßnahmen gegen

* Referat an der Kantonsoberförster-Konferenz vom 16. Mai 1958 in Bern.