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

Herausgeber: Schweizerischer Forstverein

Band: 112 (1961)

Heft: 5-6

Artikel: Strukturvergleich an Fichtenholz verschiedener Standorte

Autor: Bosshard, H.H.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-767484

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: 16.07.2025

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

Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen
Journal forestier suisse

112. Jahrgang | Mai/Juni 1961 | Nummer 5/6

Strukturvergleich an Fichtenholz verschiedener Standorte

Oxf. 811

H. H. Bosshard

Laboratorium für mikrotechnologische Holzforschung
der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich

1. Einleitung

Während eines längeren Studienaufenthaltes am Svenska Träforskningsinstitutet im Jahre 1954 war Gelegenheit, neben den rein technologischen Arbeiten ein biologisches Problem aufzugreifen. So sind damals die nötigen Vorbereitungen getroffen worden, um die Holzstruktur von Fichten aus der schweizerischen Alpen- und Mittellandregion zu vergleichen mit Bäumen aus Süd- und Nordschweden. Dabei interessierte in erster Linie die Frage, inwieweit sich Fichtenstämme aus der nördlichsten Zone des Verbreitungsgebietes ähnlich verhalten wie Fichten aus den Grenzbeständen des Baumgürtels in unseren Alpen. Die Fichten von derart extremen Standorten sollten verglichen werden mit Stämmen aus günstigen Wuchsgebieten beider Länder. Es ist uns bewußt, daß ein derartiger Vergleich an einer größeren Anzahl von Stämmen erfolgen sollte, wobei am besten eigentliche Stammwuchsdiagramme aufzunehmen wären. Für unsere Untersuchung war keine von den beiden Forderungen zu erfüllen; im Gegenteil war eine äußerste Einschränkung im Materialaufwand geboten. Der vorliegende Bericht will somit lediglich als Diskussionsbeitrag und als Anregung verstanden sein.

2. Material

Für die Untersuchungen wurden von vier Fichtenstämmen je eine Scheibe aus nächster Bodennähe entnommen, nachdem in den entsprechenden Stammzonen Hangrichtung und Nordrichtung markiert worden sind.

Durch die gütige Vermittlung des leider inzwischen verstorbenen Prof. A. Mathiesen war es möglich, Material aus dem Botanischen Garten Göteborg und aus dem Kronopark in Övertorneo zu erhalten. In der Schweiz bemühten sich die Herren Prof. Dr. A. Kurth, Zürich, und Dr. C. Auer, Chur, um entsprechende Stammscheiben, die uns aus St. Moritz aus dem Forstkreis von Herrn Kreisförster O. Bisaz zugesandt worden

sind, sowie von Hölstein BL von Herrn Kantonsoberförster M. Wälchli. Für die große Mühe bei der Materialbeschaffung möchte ich allen Beteiligten den besten Dank aussprechen.

In der Tabelle 1 sind die Herkunftsorte mit näheren Angaben noch weiter beschrieben.

Tabelle 1:

Übersicht der Herkunftsorte des Untersuchungsmaterials.

Fichte Nr.	Herkunft		Nördliche geographische Breite	Höhe ü. M. m
	Ort	Lokale Bezeichnung		
1	St. Moritz	Gianda naira	46° 30'	1920
2	Hölstein	Holdenweid	47° 25'	500
3	Göteborg	Botan. Garten	57° 40'	< 50
4	Övertorneo	Kronopark	66° 20'	150

Nach pflanzengeographischen Gesichtspunkten beurteilt, liegen nur die Fichten 1 und 4 im natürlichen Verbreitungsgebiet. Wir halten uns dabei an Angaben von K. Rubner (1952). In diesem Betracht ist besonders darauf hinzuweisen, daß im Raum St. Moritz die Waldgrenze durchschnittlich in 2200 bis 2300 m Höhe liegt, und die Fichte 1 somit noch im eigentlichen Waldbestand gewachsen ist. – Die Nordgrenze des Fichtenverbreitungsgebietes in Schweden verläuft vom Torneträsk aus wahrscheinlich ziemlich gradlinig zum Inarisee in Finnland. Övertorneo liegt schätzungsweise etwa 250 km südlich dieser Linie an der schwedisch-finnischen Grenze. Die Fichte 4 sollte somit auch noch im eigentlichen Fichtenwaldbestand gewachsen sein. – Die Standorte der Fichten 2 und 3 liegen streng genommen außerhalb der natürlichen Verbreitungszone: im schweizerischen Mittelland handelt es sich um Fichtenpflanzbestände, ebenso wie im küstennahen Gebiet Südwestschwedens. Die Fichte 2 aus Hölstein ist in einem Waldbestand gewachsen, während die Fichte 3 aus einer kleineren Baumgruppe des Botanischen Gartens stammt.

3. Untersuchungsergebnisse

31. Jahrringanalyse: In dem zur Verfügung stehenden Material sind zunächst die Jahrringe systematisch untersucht worden, wobei wir besonders Jahrringbreite, Spätholzanteil und radiale Tracheidendurchmesser in Früh- und Spätholz vermessen haben. Die Abbildungen 1 bis 3 enthalten die Ergebnisse dieser Messungen. In der Fichte 1 («Gebirgsfichte») aus der Alpenlage konnten 180 Jahrringe untersucht werden, deren Breiten in Kambiumnähe im Durchschnitt nur 113,3 μ betragen, in Marknähe im Mittel dagegen 938,6 μ. Zwischen diesen beiden Zonen 1 und 4 von 30 kambium-

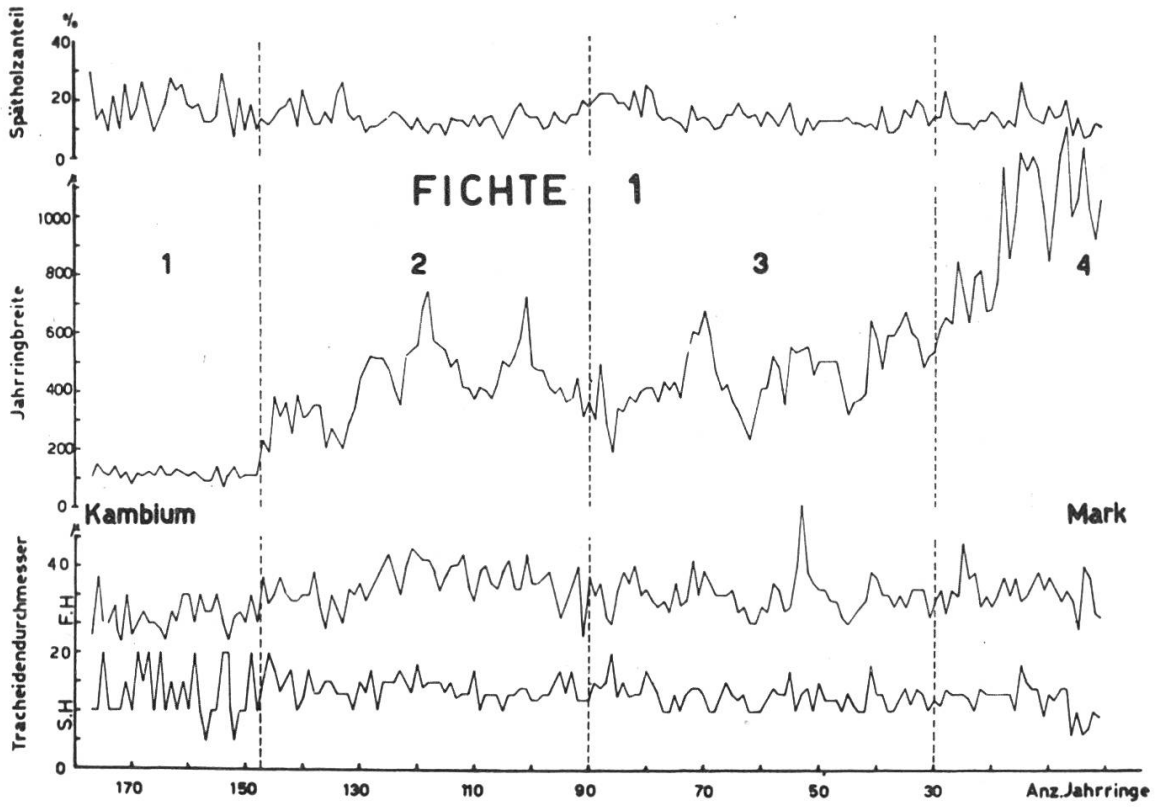

Abb. 1

Jahrringbreiten, Spätholzanteil und Tracheidendurchmesser in Fichte 1 («Gebirgsfichte»).

nahen und 20 marknahen Ringen liegt das Feld von mittleren Jahrringbreiten, in dem die recht bedeutenden Schwankungen zu beachten sind. Man stellt in diesem mittleren Bereich sich deutlich wiederholende Maxima und Minima fest, etwa in Abständen von 20 bis 30 Jahren. Es ist offensichtlich, daß der Verlauf dieser Jahrringkurven durch klimatische Faktoren und wahrscheinlich auch durch Änderungen in der soziologischen Stellung des Fichtenstammes bedingt sein müssen. Diese Frage kann uns deshalb nicht sehr beschäftigen. Hingegen sind die Auswirkungen auf die beiden anderen Meßgrößen, auf den Spätholzanteil und die Tracheidendurchmesser nämlich, recht instruktiv und ferner geeignet für Vergleiche mit Fichten anderer Standorte. — Untersucht man zunächst die Zusammenhänge von Raumgewicht r_0 und Jahrringbreite in der «Gebirgsfichte», so findet man den höchsten r_0-Wert von 0,44 g/cm³ im Holz nahe dem Kambium, das heißt in der Zone 1 mit den sehr schmalen Ringen (Mittelwert 113,3 μ). Mit zunehmender Ringbreite nimmt das Raumgewicht ab: in der Zone 2 errechnet man eine mittlere Jahrringbreite von 424,0 μ, der zugehörige r_0-Wert beträgt 0,42 g/cm³ und in der Zone 3 mit 455,7 μ mittlerer Jahrringbreite messen wir ein r_0 von 0,41 g/cm³. In der marknahen Zone 4 mit einer mittleren Jahrringbreite von 938,6 μ sinkt der r_0-Wert auf 0,38 g/cm³. Damit finden die Angaben von R. Trendelenburg (1939) über die Abhängigkeit von Jahrringbreite und Raumgewicht sowie die Kor-

relation von Spätholzanteil und Raumgewicht eine weitere Bestätigung. Der Spätholzanteil der Fichte 1 variiert in den vier Zonen von 17,2 Prozent in Kambiumnähe bis 13,0 Prozent in Marknähe. Es ist in diesem Betracht darauf hinzuweisen, daß im markständigen Holz (r_0-Wert = 0,38 g/cm³) noch ein relativ hohes Spätholzprozent gemessen wird, während das Spätholzprozent in den engen Jahrringen in Nähe des Kambiums verhältnismäßig klein ist, mindestens wesentlich geringer, als es aus ähnlichen Untersuchungen von G. Schultze-Dewitz (1957) in Fichten auf 1400 m Höhe über Meer ermittelt wurde. — Beachtung verdient ferner der ganze Verlauf der Spätholzkurven. Die größten Schwankungen stellt man in der Zone 1 nahe dem Kambium fest, im Hauptteil der Kurve sind die Amplituden geringer. — Ähnlich verhält es sich mit den radialen Durchmessern der Spätholztracheiden: in der Zone 1 bei einem Mittelwert von 13,0 μ ist eine Streuung zu verzeichnen von 5 bis 20 μ, während im mittleren Kurvenabschnitt das Mittel 13,3 μ beträgt und die Schwankungen im Bereich von 10 bis 20 μ liegen; in der Zone 4 ist der Mittelwert mit 11,9 μ einzusetzen bei einer Streuung von 6 bis 15 μ. — Etwas anders liegen die Daten der Frühholztracheidenkurve: hier findet man den kleinsten Wert von 26,3 μ in der Zone 1 (Streuung 24 bis 36 μ), den größten Wert von 30,8 μ ebenfalls im Mittelabschnitt (Streuung 26 bis 46 μ), wobei eine ganz beträchtliche Streuung zu verzeichnen ist; in der marknahen Zone errechnet man den Mittelwert zu 30,7 μ bei einer Streuung von 26 bis 39 μ. — Zusammenfassend kann festgehalten werden, daß in der «Gebirgsfichte» in Nähe des Markes breite Jahrringe mit einem geringen Spätholzprozent und mit engen Spätholztracheiden gebildet werden, in Nähe des Kambiums hingegen sehr enge Jahrringe vorkommen mit einem relativ hohen Spätholzprozent und mit weiten Spätholztracheiden. Im Frühholz hingegen sind die Tracheiden der engen Jahrringe enger als diejenigen in der breitringigen Zone. Diese Gegebenheiten müssen beurteilt werden in Anlehnung an die Ergebnisse, die B. J. Rendle (1958) und B. J. Rendle und E. W. J. Philips (1958) aus ihren Untersuchungen gewonnen haben. Die beiden Verfasser weisen mit Nachdruck auf die strukturellen Unterschiede im marknahen Holz (= juvenile wood) gegenüber dem kambiumnahen Holz (= adult wood) hin. Sie machen geltend, daß die Holzstruktur vom Kambiumalter abhängig sei. Sie zeigen beispielsweise anhand von Raumdichtebestimmungen in Douglasien, daß Holz aus der «juvenile period» deutlich leichter ist bei genau gleich breiten Jahrringen als Holz aus der «adult period». Das Kambium vermag offenbar in verschiedenen Altersstadien den aus den Teilungen derivierten Zellen eine verschiedene Wachstumskapazität mitzuteilen für die postkambiale Ausformung. Wir sind der Auffassung, diese Wachstumskapazität bestimme schließlich die endgültige Zellform, das heißt, sowohl Zell-Länge als auch Zelldurchmesser und Zellwanddicke. Ferner nehmen wir an, diese Wachstumskapazität könne durch

die Teilungsgeschwindigkeit im kambialen Bereich modifiziert werden, indem sie nur in den Fällen voll ausgeschöpft wird, in denen die Zelle genügend lang im *Einflußbereich des Bildungsgewebes* bleibt. — In unseren Messungen werden lediglich die radialen Zelldurchmesser ermittelt; es kann also nicht mit Bestimmtheit gesagt werden, die engen Spätholztracheiden im «juvenile wood» seien einer geringen Wachstumskapazität zuzuschreiben, obwohl diese Annahme nicht ohne Berechtigung bestehen darf. Die weiten Tracheiden des Frühholzes in Marknähe scheinen mit dem Gesagten in Widerspruch zu stehen. Nach dem niedrigen r_0-Wert dieser Zone 4 zu schließen, ist aber das Frühholz nur dünnwandig; dies geht auch aus Mikroschnitten hervor, wenn Querschnitte der Zone 1 verglichen werden mit solchen aus der Zone 4. Somit ist im vorliegenden Falle der Alterungsprozeß des Kambiums nicht mehr in Frage gestellt und die von B. J. Rendle vertretene Ansicht bestätigt.

In der Fichtenscheibe 4 von Övertorneo («Nordfichte») können 230 Jahrringe gezählt werden. Nach dem Verlauf der Ringbreiten wird die Jahrringkurve in Abbildung 2 am besten in vier Zonen eingeteilt. In der

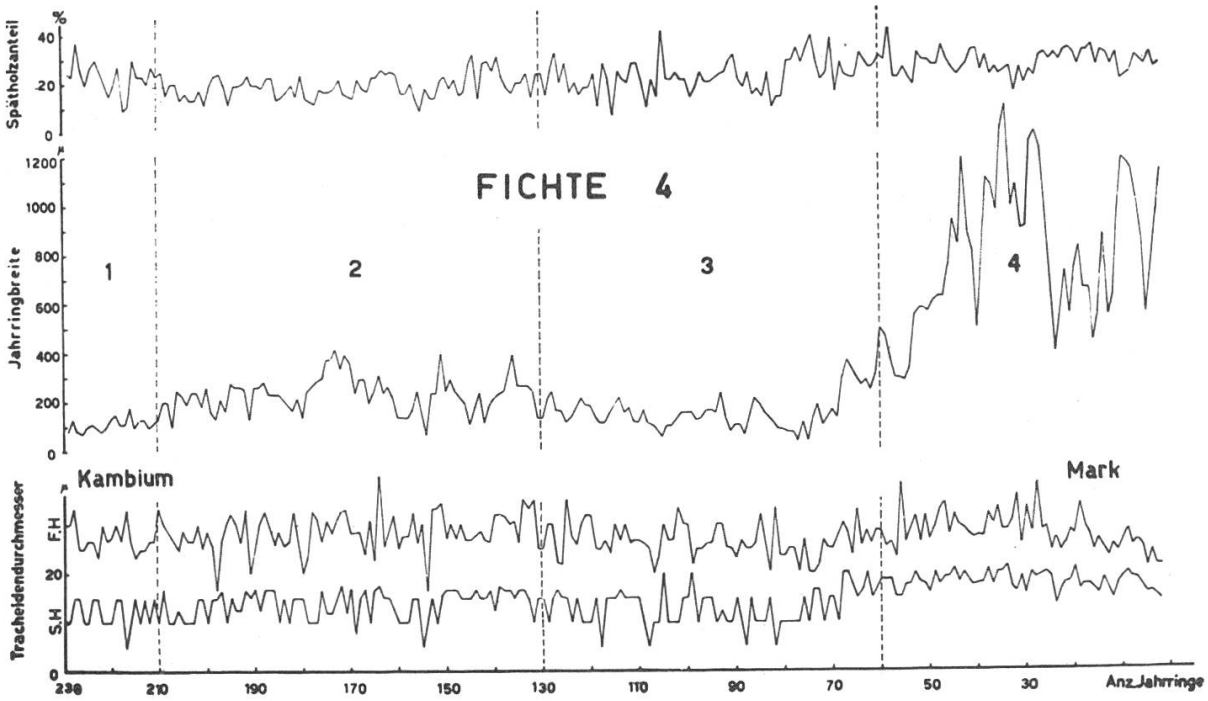

Abb. 2

Jahrringbreiten, Spätholzanteil und Tracheidendurchmesser in Fichte 4 («Nordfichte»).

Zone 1 zunächst dem Kambium mißt man eine mittlere Ringbreite von 111,5 μ; die Schwankungen sind nicht sehr ausgeprägt. Die Zone 2 schließt vom zwanzigsten Jahrring an 80 Jahreszuwachse ein und wird durch eine Kurve mit stärkeren Amplituden repräsentiert; die mittlere Jahrringbreite beträgt hier 230,4 μ. In der Zone 3 mit 70 Jahrringen bleibt der Kurvencharakter mehr oder weniger unverändert, einzig daß die mittlere Breite hier nur noch 156,1 μ beträgt. Im vierten Abschnitt kommen nun aber

ganz beträchtliche Schwankungen vor. Es handelt sich um die 60 Jahrringe zunächst dem Mark, für die eine mittlere Breite von 784,5 μ berechnet wird.

Im Vergleich zur Fichte 1 stellt man in Kambiumnähe eine gute Übereinstimmung fest; im mittleren Kurvenabschnitt beträgt die Ringbreite der «Gebirgsfichte» etwa das 1½fache der «Nordfichte»; im marknahen Gebiet sind sodann die Schwankungen in der Fichte 4 beträchtlicher als in Fichte 1, während die mittlere Jahrringbreite etwas unter dem Wert des «Gebirgsfichtenholzes» liegt. – Deutlichere Unterschiede gegenüber der «Gebirgsfichte» zeigen sich im Stamm 4 besonders im Spätholzanteil: In Marknähe mißt man in vergleichbaren Ringbreiten einen doppelt so hohen Anteil an Spätholz, nämlich 26,9 Prozent, wobei die Kurvenausschläge nicht übermäßig groß sind. Erst in Zone 3 der Fichte 4 scheinen die Amplituden markanter zu sein, während sie in Zone 2 eher wieder gedämpft werden. In diesen Mittelzonen beträgt der Spätholzanteil im «Nordfichtenholz» noch etwa das 1½fache des «Gebirgsfichtenholzes». In den Zonen 1 beider Fichtenscheiben sind die Schwankungen der Spätholzkurve etwa gleich prägnant; der Anteil an dichtem Holz in Fichte 4 beträgt hier noch 23,0 Prozent, das heißt rund das 1,3fache der entsprechenden Zone in Fichte 1, wobei auch in diesem Falle die Jahrringbreiten sehr gut korrespondieren.

Die höheren Spätholzanteile im «Nordfichtenholz» wirken sich deutlich auf das Raumgewicht aus: das Holz wird durchweg schwerer. In der Fichte 1 variieren die r_0-Werte von 0,38 bis 0,44 g/cm³. Berücksichtigt man die dazugehörenden Jahrringbreiten und Spätholzanteile, so stimmen diese Ergebnisse sehr schön mit den Kurven überein, die H. Burger (1953) für Fichten von Standorten von über 1500 m ü. M. angibt. Nach den genannten Untersuchungen von H. Burger werden im schweizerischen Alpenraum Fichten, die in 900 bis 1200 m ü. M. wachsen, das schwerste Holz bilden, auf höher oder tiefer gelegenen Standorten werden diese optimalen

Tabelle 2:

Mittlere Jahrringbreite, Spätholzanteil und Raumgewicht in verschiedenen Zonen der Fichte 4.

Zone	Mittlere Jahrringbreite μ	Spätholzanteil %	Raumgewicht g/cm³
1	111,5	23,0	0,47
2	230,4	18,4	0,55
3	156,1	20,9	0,55
4	784,5	26,9	0,51

Leistungen hingegen nicht mehr erreicht. Die Raumgewichtsmessungen im «Nordfichtenholz» ergeben die in Tabelle 2 enthaltenen Werte.

Da ist zunächst festzustellen, daß die von R. Trendelenburg gefundene und früher schon zitierte Abhängigkeit von Ringbreite und Raumgewicht modifiziert wird, indem die Kurve ähnlich wie im Föhren- und Lärchenholz für ganz enge Jahrringe zunächst niedrige r_0-Werte anzeigt, mit zunehmender Ringbreite nimmt das Raumgewicht ebenfalls zu bis zu einem Maximalwert. Eine weitere Zunahme der Ringbreite hat dann eine Abnahme der r_0-Werte zur Folge. Für Föhrenholz ist ein solcher Kurvenverlauf gut bekannt, für Fichtenholz hat H. von Pechmann (1954) in drei von elf Fällen ebenfalls einen derartigen Zusammenhang gefunden. Es bestätigt sich also die Beobachtung seiner Untersuchungen, daß «derselben Ringbreite in Nordtiroler Fichtenbeständen auf 1100 bis 1200 m Meereshöhe recht verschiedene Holzgewichte entsprechen können; so kann bei einer Jahrringbreite von 2 mm eine Rohwichte von 0,35, aber auch von 0,45 und darüber auftreten» (cit. aus H. von Pechmann 1954, S. 77). Es wäre nun sehr interessant abzuklären, von welchen Faktoren die beschriebenen Gegebenheiten abhängig sind. Ferner sollte die Frage weiter verfolgt werden, ob sich in den nördlichen Verteilungsgebieten ähnliche Phänomene zeigen, wie sie H. Burger (1953) für die verschiedenen Höhenlagen dargestellt hat.

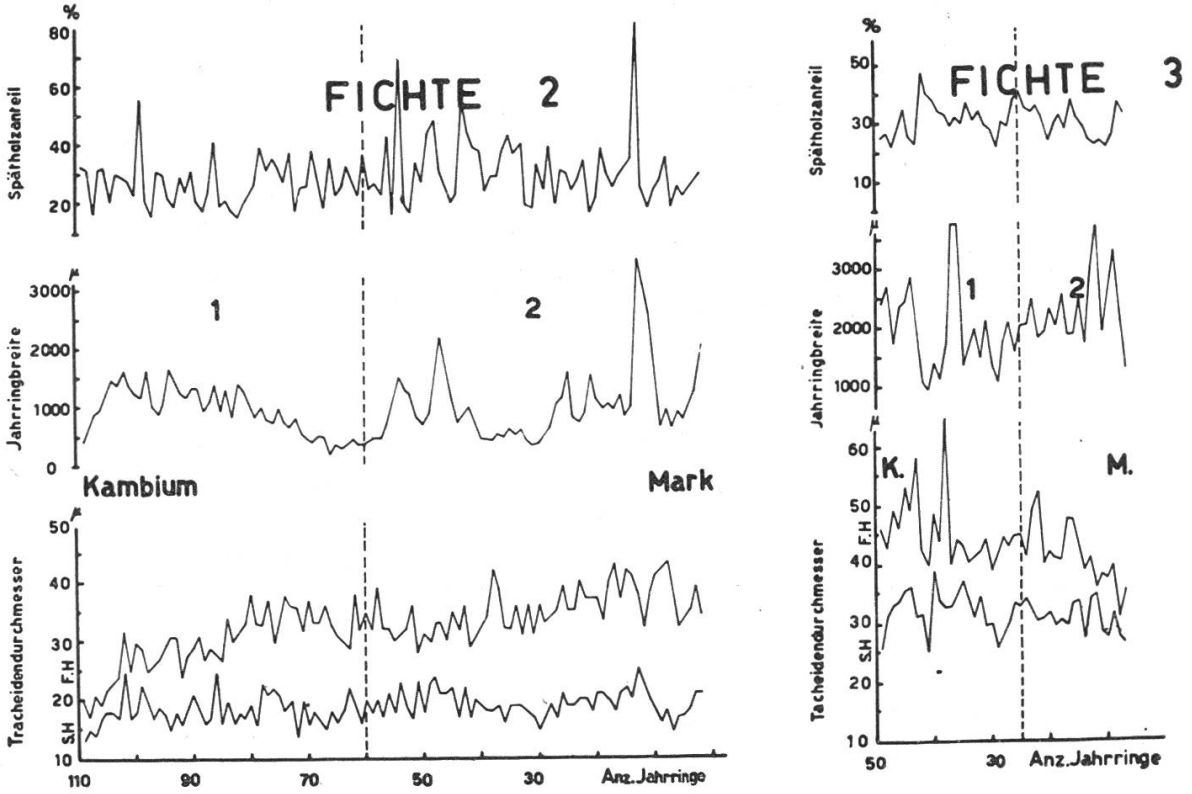

Abb. 3

Jahrringbreiten, Spätholzanteil und Tracheidendurchmesser in den beiden Fichten 2 und 3.

Auf Grund der wenigen eigenen Messungen sind leider keine weiten Schlüsse zulässig. Immerhin darf festgehalten werden, daß die «Nordfichte», auf nur 150 m ü. M. gewachsen, wesentlich schwereres Holz bildet als es auf den optimalen Standorten der Alpen der Fall ist. Dies hängt zusammen mit dem bedeutend höheren Spätholzanteil einerseits und mit der anatomischen Struktur der Holzgewebe anderseits. Die in Abbildung 2 enthaltenen Kurven der radialen Tracheidendurchmesser im Früh- und Spätholz weisen darauf hin, daß mit Ausnahme der marknahen Zone 4 im «Nordfichtenholz» die Spätholztracheiden denjenigen in Fichte 1 gleichen, was ihre radialen Durchmesser anbelangt; die Frühholztracheiden hingegen sind durchweg enger und dickwandiger.

Abbildung 3 enthält die Kurven der beiden Tieflagenfichten 2 und 3. Es ist uns bewußt, daß ein Vergleich mit den Fichten 1 und 4 nur sehr bedingt möglich ist, da zu viele unbekannte Faktoren die Wuchsleistungen

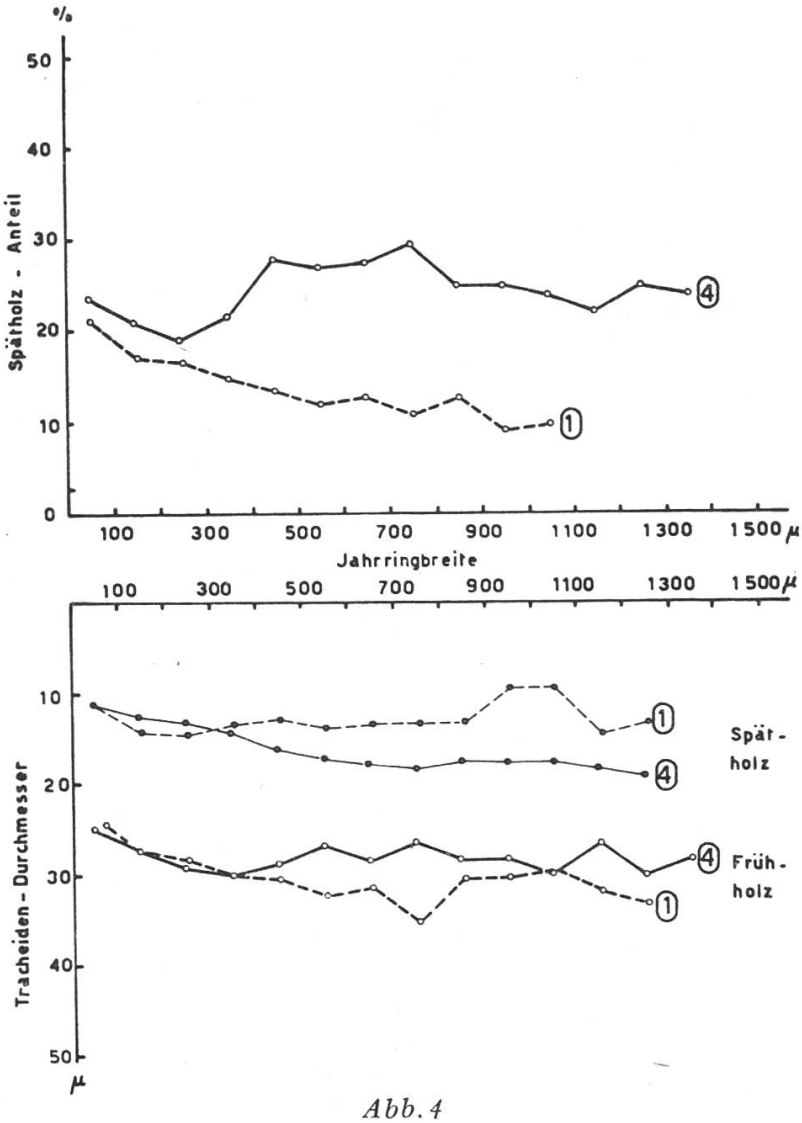

Abb. 4

Spätholzanteil und Durchmesser von Früh- und Spätholztracheiden in Abhängigkeit von der Jahrringbreite in den beiden Fichten 1 und 4.

und Strukturen dieser beiden Stämme beeinflussen können. Es sei deshalb lediglich auf die großen Amplituden in allen Kurven hingewiesen und aufmerksam gemacht auf die recht hohen Spätholzanteile, die in der Größenordnung von 25 bis 30 Prozent liegen. In der Fichte 2 aus Hölstein sind zudem die hohen r_0-Werte hervorzuheben, wird doch in dieser Stammscheibe bei einer Jahrringbreite von durchschnittlich 916,0 μ in Kambiumnähe ein Raumgewicht von 0,56 bis 0,65 registriert und in Marknähe bei einer mittleren Ringbreite von 1000,0 μ 0,61 bis 0,64 g/cm³. Nach den für die Fichte bekannten Raumgewichtswerten gehört somit das Holz von Scheibe 2 in die Gruppe des schwersten Fichtenholzes. — In der Fichte 3 von Göteborg schwankt das Raumgewicht bei einer mittleren Jahrringbreite von 2087,5 bis 2126,7 μ und bei einem Spätholzanteil von durchschnittlich 31 Prozent von 0,50 bis 0,59 g/cm³.

Die Jahrringanalyse der beiden Fichten 1 und 4 kann abgeschlossen werden mit einem Hinweis auf Abbildung 4. Wir haben in dieser graphischen Darstellung die Jahrringbreite als Abszissenwerte eingetragen und setzen einerseits den Spätholzanteil, anderseits die radialen Tracheidendurchmesser für Früh- und Spätholz damit in Beziehung. So wird ersichtlich, daß im «Nordfichtenholz» mit steigender Ringbreite das Spätholzprozent leicht ansteigt, im «Gebirgsfichtenholz» hingegen deutlich abnimmt. Die Auswirkungen hievon haben wir schon diskutiert — offen bleibt die Frage, ob sich dieses Ergebnis in einer Großzahluntersuchung bestätigen läßt. Ferner würde es sich lohnen abzuklären, wie die Kurven ausfallen in Holz aus verschiedenen Gebirgslagen bis hinauf zur Baumgrenze und aus verschiedenen Breiten wieder bis an die nördlichste Baumgrenze. — Als weiteres Resultat kann in Abbildung 4 abgelesen werden, daß die Tracheidendurchmesser im Frühholz in der Regel mit zunehmender Jahrringbreite zunächst innerhalb der Ringbreiten von 100 bis 600 μ ebenfalls größer werden, von da weg mehr oder weniger um den erreichten Maximalwert pendeln. Dabei steigt am Anfang die Kurve im «Gebirgsfichtenholz» steiler an, so daß im zweiten Ringbreitenbereich von 600 bis 1400 μ diese Tracheidendurchmesser etwas größer sind als im «Nordfichtenholz». Gerade umgekehrte Resultate ergeben die Spätholzkurven, wo die Elemente der Fichte 4 erstens dauernd größer werden mit zunehmender Ringbreite und dadurch die «Gebirgsfichten»-Zellen übertreffen, deren Durchmesser von Anfang an mehr oder weniger um einen Mittelwert pendeln. — Auch in diesem Falle ist speziell in Erinnerung zu rufen, daß nur sehr wenig Untersuchungsmaterial zur Verfügung stand. Wir wollen deshalb keineswegs zu sehr verallgemeinern; die Unterschiede, die sich in diesen Messungen aber zeigen, sind auffallend und sollten dazu anregen, den ganzen Fragenkomplex systematisch durchzuarbeiten.

32. Markstrahl- und Harzkanalsystem: Im allgemeinen beschränkt man sich bei Strukturuntersuchungen im Nadelholz auf die Darstellung des

Tracheidengrundgewebes. Eine Ausnahme bilden die Arbeiten von E. Back und Mitarbeitern (1960), in denen die tracheidalen und parenchymatischen Fichtenholzgewebe in eingehendsten Studien dargestellt werden. Diese Untersuchungen sind auf ein bestimmtes Ziel hin ausgerichtet, sie sollen nämlich das Verständnis fördern für die Schwierigkeiten, die beim chemischen Aufschluß des Holzes entstehen, und brauchen deshalb weniger Rücksicht zu nehmen auf die Gewebetopographie, weil in der genannten Verarbeitung derartige Feinheiten unbeachtet bleiben. Die Angaben dieser schwedischen Untersuchungen sind in unserem Betracht aber doch wertvoll, weil sie einen Dimensionenvergleich einzelner Zellgruppen ermöglichen.

In den eigenen Arbeiten haben wir in erster Linie auf das Harzkanalsystem geachtet. Die vertikalen Kanäle, im Querschnitt in gleichen Flächeneinheiten ausgezählt, treten in ganz unterschiedlicher Häufigkeit auf, und zwar in den einen der verschiedenen Fichtenscheiben bevorzugt im Spätholz, in andern im Frühholz; ferner assoziieren sie sich in verschiedener Regelmäßigkeit zu Zwillingskanälen. Die Ergebnisse dieser Beobachtungen sind in der Tabelle 3 zusammengestellt.

Tabelle 3:

Übersicht der Messungen von vertikalen Harzkanälen in gleichen Flächeneinheiten.

Fichte Nr.	Anzahl Harzkanäle pro Flächeneinheit	Harzkanäle im Frühholz		Harzkanäle im Spätholz	
		Einfache Kanäle	Doppelkanäle	Einfache Kanäle	Doppelkanäle
1	135	16	1	55	31
2	233	66	34	73	13
3	262	74	17	110	22
4	529	220	47	147	34

In der Diskussion der Tabelle 3 muß zunächst auf die deutlichen Häufigkeitsunterschiede aufmerksam gemacht werden. Vergleicht man wieder die «Gebirgsfichte» mit der «Nordfichte», so stellt man fest, daß in der Stammscheibe 4 nahezu viermal so viele vertikale Harzkanäle zu zählen sind als in der Stammscheibe 1, und dies natürlich in gleichen Flächeneinheiten. In der «Nordfichte» sind auch etwa doppelt so viele vertikale Harzkanäle vorhanden als in den Tieflagenfichten 2 und 3. Die Darstellung der Harzkanalhäufigkeit in aufeinanderfolgenden Jahrringgruppen ergibt in allen vier Scheiben eine ausgeglichene Verteilung von der Markzone bis zum Kambium. Größere Unterschiede beobachtet man in der Anordnung der Harzkanäle innerhalb der einzelnen Jahrringe. So findet man im «Gebirgsfichtenholz» 87 % der vertikalen Harzkanäle im Spätholz und nur

13 % im Frühholz. In der Fichte 4 aus Övertorneo hingegen entfallen 60 % der Harzkanäle auf die Frühholzzonen und 40 % auf die Spätholzbereiche. In den beiden Tieflagenfichten ist die Verteilung auf den ganzen Jahrring noch ausgeprägter: In Fichte 2 liegen 57 % der vertikalen Kanäle im Frühholz, in Fichte 3 sind es 41 %. Nach diesen Zahlen nimmt also das Holz aus der Gebirgslage in doppelter Hinsicht eine Sonderstellung ein: es zeichnet sich durch eine ausgesprochene Tendenz aus, Harzkanäle im Spätholz zu bilden, wobei allerdings zu beachten ist, daß in diesem Material nur wenig vertikale Kanäle angelegt werden.

Diese Angaben werden durch die Messungen des horizontalen Harzkanalsystems ergänzt. In diesem Falle sind in jeder Stammscheibe in gleichen Flächenanteilen je 7000 bis 10 000 Markstrahlen ausgezählt und die Anzahl von horizontalen Harzkanälen jedesmal notiert worden. Die Tabelle 4 gibt über diese Resultate Auskunft. Sie belegt zunächst die eigenartige Tatsache, daß Fichte 1, das heißt gerade dasjenige Holz mit der kleinsten Anzahl von vertikalen Harzkanälen, am meisten horizontale Harzkanäle aufweist.

Tabelle 4:

Anzahl Markstrahlen und horizontale Harzkanäle pro Flächeneinheit.

Fichte Nr.	Anzahl Markstrahlen pro Flächeneinheit	Markstrahlen mit horizontalen Harzkanälen	
		Anzahl	%
1	8 290	215	2,59
2	6 945	157	2,26
3	9 126	167	1,83
4	10 020	189	1,89

Berücksichtigt man die Markstrahldichte pro Flächeneinheit, so berechnet man in der «Gebirgsfichte» ein Harzkanalprozent von 2,59 gegenüber 1,89 in der «Nordfichte». Unterschiede sind auch in den beiden Tieflagenfichten vorhanden, wobei in der «Göteborgerfichte» das geringste Harzkanalprozent von nur 1,83 berechnet wird. Ob dies zusammenhängen mag mit standörtlichen Gegebenheiten, ist uns nicht bekannt. – Zusammenfassend können wir lediglich noch einmal feststellen, daß sich die «Gebirgsfichte» von der «Nordfichte» unterscheidet im Harzkanalsystem, indem sie etwa viermal weniger vertikale Kanäle bildet pro Flächeneinheit, dafür etwas mehr horizontale. Diese Angaben sagen nichts aus über die radialen Durchmesser der Kanäle, sie sind auch nicht vermessen worden. Aus rein okularer Begutachtung läßt sich aber feststellen, daß besonders die vertikalen Kanäle in der Fichte 4 kleiner sind als in der «Gebirgsfichte».

Zur anatomischen Beschreibung der Harzkanäle zieht man gerne Auszählungen der Epithelzellen zu. Wir besitzen derartige Angaben für das horizontale Kanalsystem, und zwar in Abhängigkeit von der Lage zwischen Kambium und Mark. In Abbildung 5 haben wir in Abszissenrichtung zwischen Kambium und Mark insgesamt sechs Meßstellen und in den unteren Kurven für jede davon die mittlere Anzahl der Epithelzellen aufgetragen. Die Kurven von allen vier Stammscheiben steigen vom Mark gegen das Kambium an; große Schwankungen treten nicht auf, was auch

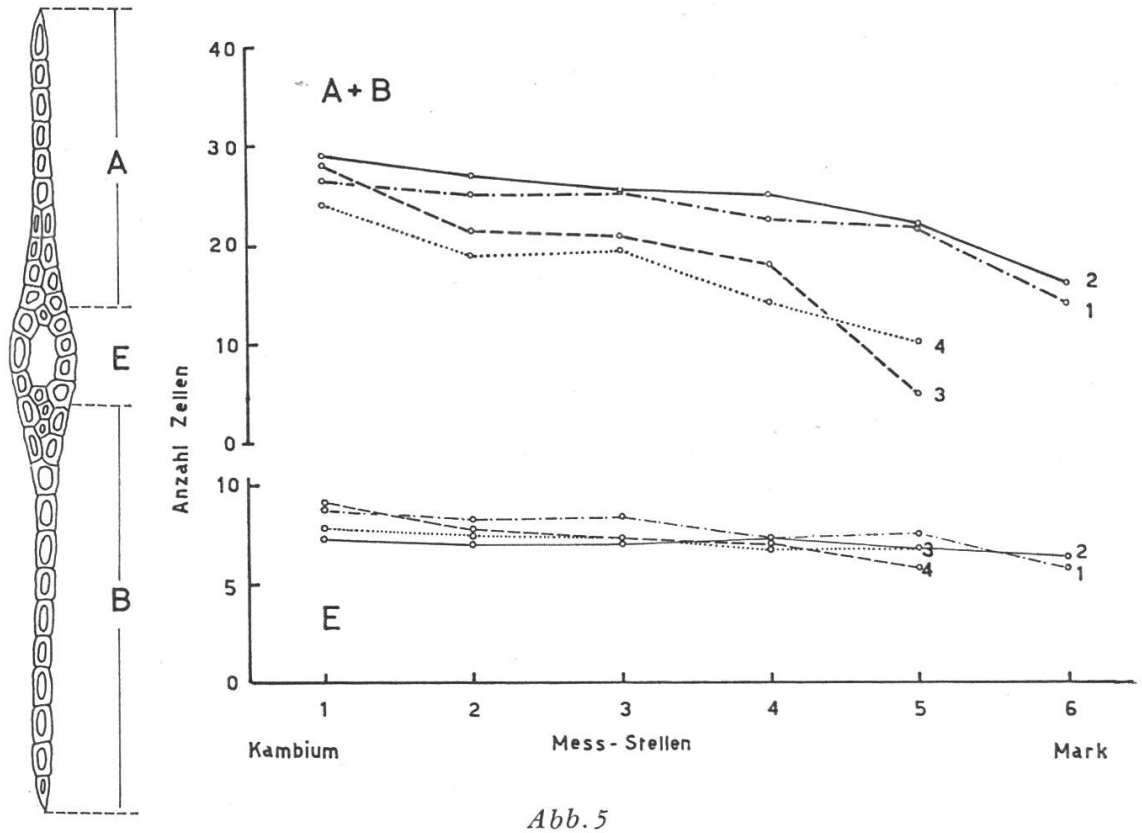

Abb. 5

Änderungen in der Anzahl Epithelzellen horizontaler Markstrahlen und in der Markstrahlhöhe von «Harzkanalstrahlen» an sechs Meßstellen zwischen Mark und Kambium in den Fichten 1 bis 4.

nicht zu erwarten ist, auch liegen die Werte an den einzelnen Meßstellen nahe beieinander. So stellt man in Marknähe fest, daß im Mittel vieler Messungen aus allen vier Scheiben die horizontalen Harzkanäle mit 6 bis 8 Epithelzellen ausgerüstet sind, während in Kambiumnähe diese Anzahl auf 7 bis 9 steigt. Dabei ist noch zu erkennen, daß die Kurve der «Gebirgsfichte» eher die höheren Werte anzeigt, während für die «Nordfichte» die niedrigen Werte gelten. Allerdings brauchen diese Angaben nicht unbedingt charakteristisch zu sein, da sie einerseits sicher von feinen Artmerkmalen abhängen, anderseits durch die Kurvenwerte der Tieflagenfichten nicht eindeutig genug eingestuft werden. Man muß sich in diesem Zusammenhang überhaupt die Frage stellen, wieweit die ausgewählten Standorte

auf die Holzstruktur von rassenmäßig einheitlichem Fichtenmaterial einzuwirken vermöchten, und inwieweit die beschriebenen Unterschiede als Rassenmerkmale zu werten sind. Eine Antwort auf diese Frage könnte nur gegeben werden auf Grund von umfassenden Untersuchungen, ein Unterfangen, das sich sicher reichlich lohnen würde.

M. M. Chattaway (1951) hat in ihrer Arbeit über die Entwicklung von horizontalen Kanälen in Markstrahlen den Nachweis erbracht, daß die horizontalen immer mit vertikalen Kanälen in Verbindung stehen. Beide Kanalsysteme entstehen durch entsprechende Stimulierung im Kambium, wobei im Nadelholz die eigentliche Kanalbildung auf die Tochterzellenzone entfällt. Jedenfalls muß es nach M. M. Chattaway dieselbe Einwirkung auf die Kambialtätigkeit sein, die in den Fusiforminitialen die Bildung von Längskanälen anregt und in den Markstrahlinitialen diejenigen von horizontalen Gängen, wobei im letzteren Falle nicht nur eine momentane Änderung die Folge ist, sondern eine permanente Umgestaltung des kambialen Markstrahlgewebes eintritt. Von diesem Gesichtswinkel aus beobachtet, gewinnt die in Abbildung 5 aufgezeigte steigende Epithelzellenanzahl vom Mark bis zum Kambium Beweiskraft für die von B. J. Rendle (1958) formulierte These vom «juvenile and adult wood»: Störungen im jungen Kambium wirken sich offenbar etwas anders aus als im alten.

Zu einem ähnlichen Schluß gelangt man bei der Beurteilung der in Abbildung 5 enthaltenen Kurven über die Höhe der harzkanalführenden Markstrahlen. Die Kurvenwerte sind wiederum als Anzahl Zellen zu verstehen und charakterisieren die Markstrahlen an den gleichen sechs Meßstellen zwischen Mark und Kambium, wobei jedesmal in einer großen Anzahl von Strahlen, die in der Zeichnung angegebenen Enden A und B ausgezählt worden sind. In erster Linie wird die steigende Kurventendenz in der Wachstumsrichtung von innen nach außen deutlich. Daraufhin hat besonders H. J. Braun (1955) verwiesen in seinen Untersuchungen der Entwicklungsgeschichte der Markstrahlen. Aus dieser Arbeit wissen wir, daß die Markstrahlgröße in *Pinus silvestris* in den ersten 6 bis 8 Jahren ganz besonders zunimmt, dann aber im weiteren Wachstum nur noch langsam ansteigt. Die von uns aufgezeichneten Kurven von Fichten verschiedener Standorte verlaufen nun über mehrere Jahrzehnte von Zuwachsleistungen hinweg ziemlich steil; besonders kann dies für die Fichten 3 und 4 gesagt werden, während in den Stämmen 1 und 2 die Kurven mehr oder weniger stetig und langsam zunehmen. Bemerkenswert ist sodann der deutliche Unterschied der Fichten 1 und 4: In der «Nordfichte» werden also nicht nur kleinere Harzkanäle, sondern auch niedrigere Markstrahlen gebildet als in der «Gebirgsfichte». Einen Ausgleich hiezu stellen wir dafür in der Dichte der Markstrahlverteilung fest, was wieder der Tabelle 4 zu entnehmen ist. Ähnlich liegen die Zusammenhänge übrigens in der Fichte 3,

wo auch relativ kleine Markstrahlen, dafür in höherer Dichte registriert werden. Bei dieser Diskussion haben wir allerdings insofern verallgemeinert, als die Markstrahldichte das ganze Strahlengewebe und nicht nur die kanalführenden Elemente betrifft, während die Höhenmessungen nur für letztere gelten.

4. Zusammenfassung

Der vorliegende Versuch eines Strukturvergleiches[1] ist, wie eingangs erwähnt, als Anregung aufzufassen. Wir sind im Laufe der Untersuchung auf ähnliche Studien gestoßen von H. Lommatzsch (1940), in denen der Hauptakzent nicht auf die Morphologie, sondern eher auf die Topochemie gelegt ist. Unsere Untersuchungen zeigen aber, daß eine reine Studie des strukturellen Aufbaues sowie der daraus abzuleitenden physikalischen Gesetzmäßigkeiten ganz neue Fragen aufwirft. Da wir zwar über gut ausgewähltes, aber doch nur wenig Versuchsmaterial verfügten, können wir eine ganze Reihe von Problemen lediglich aufzeigen. Es handelt sich hiebei besonders um folgende Punkte:

1. Die «Gebirgsfichte» unterscheidet sich in unseren Experimenten von der «Nordfichte» durch eine besondere Relation zwischen Jahrringbreite und Raumgewicht. In diesem Betracht finden wir Übereinstimmung mit den Untersuchungen von H. Burger nur in der Fichte 1, nicht aber in der Fichte 4. Es stellt sich somit die Frage, ob die Fichten von den nördlichsten Baumgrenzen an gegen Süden auf verschiedenen Standorten, aber auf derselben Höhe über Meer erwachsen, ähnliche Strukturunterschiede zeigen wie in den Alpen auf verschiedenen Höhenlagen.

2. Die von B. J. Rendle neu postulierte These des «juvenile and adult wood» findet in den untersuchten Fichten auf allen Standorten ihre Bestätigung.

3. Im Markstrahl/Harzkanal-System lassen sich deutliche Unterschiede in den untersuchten Fichtenholzproben nachweisen. Die «Nordfichte» ist reicher an Harzgängen als die «Gebirgsfichte»; die Kanäle sind aber enger und die sie umschließenden Markstrahlen kürzer als im «Gebirgsfichtenholz».

[1] Unsere Berichterstattung bezieht sich auf Versuche, die vor sieben Jahren in Stockholm begonnen wurden und von verschiedenen Mitarbeitern gefördert worden sind. Besonderer Dank gebührt meiner Frau, die sich sehr aktiv an Erhebungen und Auswertungen von Meßresultaten beteiligt hat; dann danke ich Fräulein M. Zumer; sie hat im Rahmen einer Semesterarbeit ebenfalls eine Großzahl von Messungen durchgeführt.

Résumé

Comparaison des structures du bois d'épicéas provenant de différentes stations

Le présent essai de comparaison de structures doit être considéré comme une initiative dans ce domaine. Au cours des expériences, l'auteur a eu connaissance d'études semblables faites par Lommatzsch (1940), dans lesquelles cependant le principal accent n'est pas mis sur la morphologie, mais plutôt sur la topochimie. Les recherches décrites dans l'exposé montrent qu'une étude particulière de la construction structurelle ainsi que des lois physiques qui en découlent, soulève des problèmes tout nouveaux. Etant donné que l'auteur possédait un matériel d'expérience bien choisi mais pas assez abondant, il ne peut que formuler toute une série de problèmes. Il s'agit en particulier des questions suivantes:

1. L'«épicéa de montagne» se différencie, dans les expériences décrites, de l'«épicéa nordique» par une relation spéciale entre la largeur des cernes annuels et le poids spécifique. A ce point de vue, l'auteur n'a trouvé une concordance avec les études de Burger que pour l'«épicéa 1» (St. Moritz), mais pas pour l'«épicéa 4» (Övertorneo). Ainsi se pose la question de savoir si les épicéas provenant de différentes stations de même altitude, en partant de leur zone d'extension la plus nordique et en allant vers le sud, manifestent des différences de structure semblables à ceux provenant de différentes altitudes dans les Alpes.
2. La nouvelle thèse de B. J. Rendle au sujet du «juvenile and adult wood» est confirmée dans tous les épicéas analysés et pour toutes les stations.
3. Des différences certaines dans le système des rayons ligneux/canaux résinifères peuvent être montrées dans les échantillons des épicéas étudiés. L'«épicéa nordique» est plus riche en canaux résinifères que l'«épicéa de montagne»; en revanche, dans le premier cité les canaux sont plus étroits et les rayons ligneux qui les entourent sont plus courts.

Traduction Farron

Literatur

Back, E.: On the Relative Composition of Canal Resin and Ray Parenchyma Resin in *Picea Abies* (Karst) Stemwood.
Svensk Papperstidn. *63*/19, 1960, 647–651.

Braun, H. J.: Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Markstrahlen.
in *Huber, B.:* Vergleichende anatomische Untersuchungen.
Bot. Studien, Heft 4, 1955, Gustav-Fischer-Verlag, Jena.

Burger, H.: Holz, Blattmenge und Zuwachs
13. Mitteilung: Fichten im gleichalterigen Hochwald.
Mitt. Schweiz. Anst. forstl. Versuchsw. *29*/1, 1953, 38–130.

Chattaway, M. M.: The Development of Horizontal Canals in Rays.
Austr. Journ. Sc. Res. B *4*/1, 1951, 1–11.

Lommatzsch, H.: Unterschiede zwischen Fichtenholz verschiedener Herkunft.
Beih. Bot. Zentralblatt *60*/1, 2 Abt. A, 1950, 97–130.

Nyren, V. and *Back, E.:* Characteristics of Parenchymatous Cells and Tracheidal Ray Cells in *Picea Abies* (Karst).
Svensk Papperstidn. *63*/16, 1960, 601–509.

Nyren, V. and *Back, E.:* The Dimensions of Tracheidal and Parenchymatous Ray Cells of *Picea Abies* (Karst) Pulpwood.
Svensk Papperstidn. *63*/18, 1960, 619–624.

Pechmann, H. von: Untersuchungen über Gebirgsfichtenholz. Forstwirtschaftliches Zentralblatt *73*, 1954, 65–91.

Rendle, B. J.: A Note on Juvenile and Adult Wood. News Bulletin of the I. A. W. A., 1958/2, 1–6.

Rendle, B. J. and *Philips E. W. J.:* The Effect of Rate Growth (Ring Width) on the Density of Softwoods. Forestry *31*/2, 1958, 113–120.

Rubner, K.: Die pflanzengeographischen Grundlagen des Waldbaues. Neumann-Verlag, Berlin, 1952, 4. Auflage, 583 Seiten.

Schultze-Dewitz, G.: Einfluß der soziologischen Stellung auf den Jahrringbau sowie auf die Holzelemente bei Fichten und Tannen eines Naturwaldes. Archiv für Forstwesen, *6*/1, 1957, 24–28.

Trendelenburg, R.: Das Holz als Rohstoff. J.-F.-Lehmanns-Verlag, München, 1939, 435 Seiten.

Die Möglichkeiten der Mischung von Licht- und Schattenbaumarten in Waldungen, die nach dem Plenterprinzip bewirtschaftet werden

Vorwort

Oxf. 221.4

Von *Max Müller,* Kreisoberförster, Baden
Präsident der Stiftung «Pro silva helvetica»

Seit dem Hinschied des unerschrockenen Plenterwaldförderers Oberförster Walter Ammon am 11. Januar 1956, sind im forstlichen Schrifttum der Schweiz nur noch selten Plenterfragen veröffentlicht worden.

Im Statut der von Ammon gegründeten Stiftung «Pro silva helvetica» ist als Hauptzweck die Förderung einer den mannigfaltigen örtlichen Verhältnissen entsprechenden Plenterwirtschaft genannt. Vorgesehen sind u. a. Unterstützungen von wissenschaftlichen (auch populär-wissenschaftlichen) Arbeiten, die geeignet sind, die Kenntnis der Plenterwirtschaft zu vertiefen und zu verbreiten und eine entsprechende fortschrittliche Entwicklung der Waldbautechnik und Erfolgskontrolle zu fördern sowie das allgemeine forstpolitische Verständnis für das Plenterprinzip in Volk und Behörden zu verbessern.

In Nachachtung dieses Vermächtnisses hat der Stiftungsrat im Oktober 1956 unter den schweizerischen Forstleuten eine Preisaufgabe ausgeschrieben. Das Thema lautete: «*Die Möglichkeiten der Mischung von Licht- und*