

Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse
Herausgeber: Schweizerischer Forstverein
Band: 115 (1964)
Heft: 9-10

Artikel: Weisstannenholz
Autor: Bosshard, H.H.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-765530>

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 18.03.2025

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

Weißtannenholz

Von H. H. Bosshard

Oxf. Nr. 810

Institut für mikrotechnologische Holzforschung der ETH, Zürich

Der Holzanatome findet im Weißtannenholz (Abb. 1) eine kaum zu wechselnde Struktur: Das homogene Nadelholzgewebe mit den streng radial aufgereihten Tracheiden wird in der Regel weder in horizontaler noch in vertikaler Richtung von Harzkanälen durchstoßen. Den Markstrahlen fehlen die in vielen Koniferen üblichen Markstrahltracheiden. Die Unterschiede im Tracheidengrundgewebe zwischen Früh- und Spätholz sind beträchtlich.

Diese drei Merkmale haben ihre Geschichte.

Harzkanalsystem

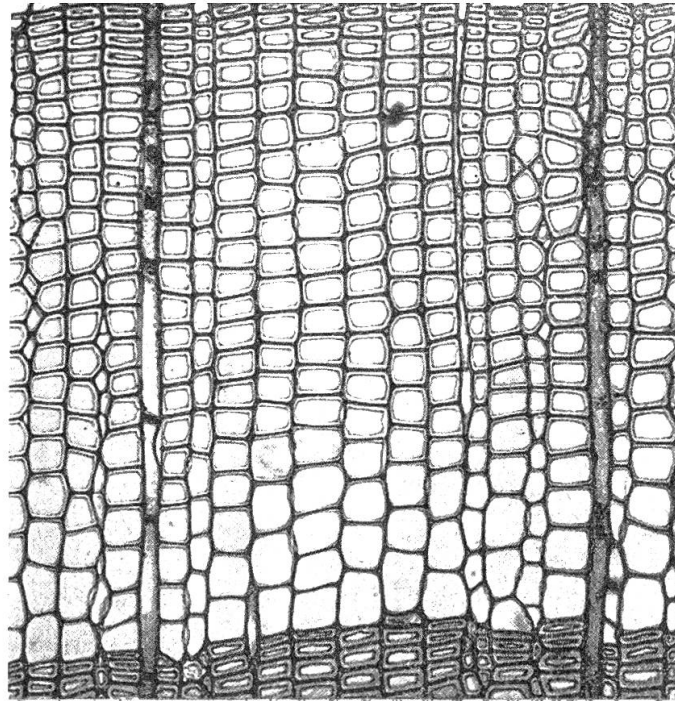
Die flachen, von Wachsstreifen belegten Nadeln der Weißtanne besitzen seitlich je einen Harzkanal, eingebettet im Assimilationsgewebe und in Verbindung mit Harzkanälen des Rindengewebes. Hier können sich die harzführenden Kanäle ausweiten zu Pusteln und Taschen. Die Epithelzellen dieses Exkretionsgewebes sind übrigens wie im Holz von *Picea* und *Larix* dickwandig. Im Holzkörper der Weißtanne wird, wie schon erwähnt, kein Harzkanalsystem aufgebaut. Nur bei besonderen Verwundungen des Kambiums entstehen in vertikaler Richtung traumatische Kanäle. Dieses Merkmal verdient Beachtung, weil es Licht auf ein besonderes Verhalten des Kambiums wirft. Die Eigenart einer Holzart, Harzkanäle bilden zu können, ist erblich fixiert; daß es sich dabei um einen äußerst komplizierten Vorgang handeln muß, geht aus folgendem hervor: Die Harzkanalbildung in Koniferen erfolgt nach dem *schizogenen* Muster, das heißt, es lösen sich innerhalb der kambialen Zone in Tracheidengruppen Mittellamellen, so daß die um diese Spalten angeordneten Zellen unter dem Druck des aus ihnen ausfließenden Harzes auseinanderrücken. Der Stimulus zur Kanalbildung muß somit von der Initialschicht aus in die kambiale Zone einwirken. Er wird zunächst eine Reihe von noch nicht ausdifferenzierten Tracheiden zur postkambialen Teilung anregen. In den neu entstandenen Epithelzellen werden sodann Harze synthetisiert. Es ist dabei zu beachten, daß die Reizeinwirkung zur Bildung von vertikalen Kanälen momentan ist. Pflanzte sich dieser Reiz aber auf eine Markstrahlmatrix fort, so wird diese im neuen Markstrahl während vieler Jahre Harzkanalepithel aufbauen; das heißt, die betreffende Markstrahlmatrix erfährt eine dauernde strukturelle Umlagerung, so daß in gewissem Sinne von der Bildung einer Harzkanalmatrix

Abb. 1

Mikrostruktur
des Weißtannenholzes

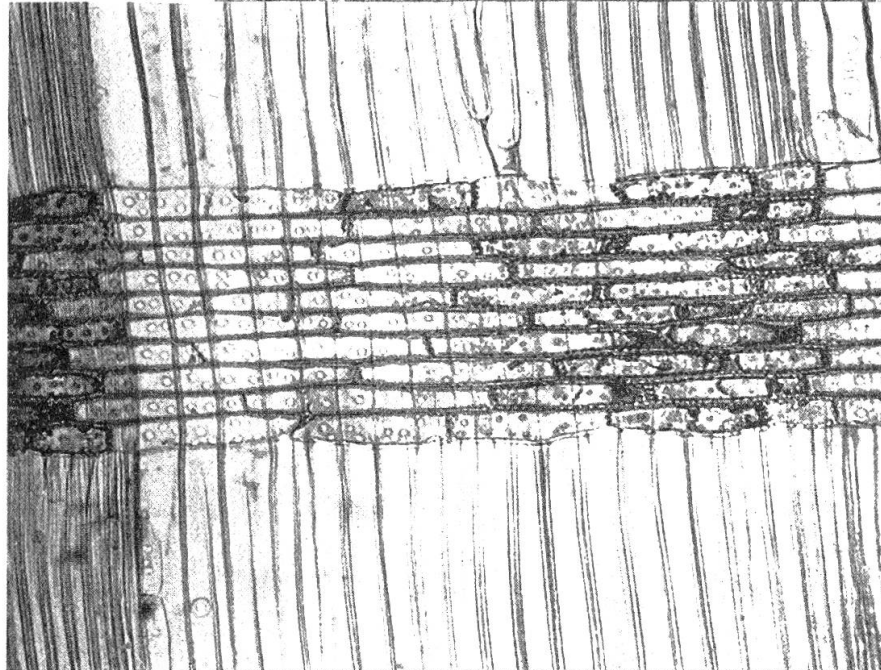
Querschnitt

Homogenes Nadelholzgewebe mit radial angeordneten Längstracheiden. Der Übergang von Früh- zu Spätholz ist meist scharf, bedingt durch große Unterschiede in den Zellwänden und Zelllumina. — Wegen der fehlenden Harzkanäle wird das Tracheidengewebe einzig durch die radialen Markstrahlen unterbrochen. Vergrößerung 125:1



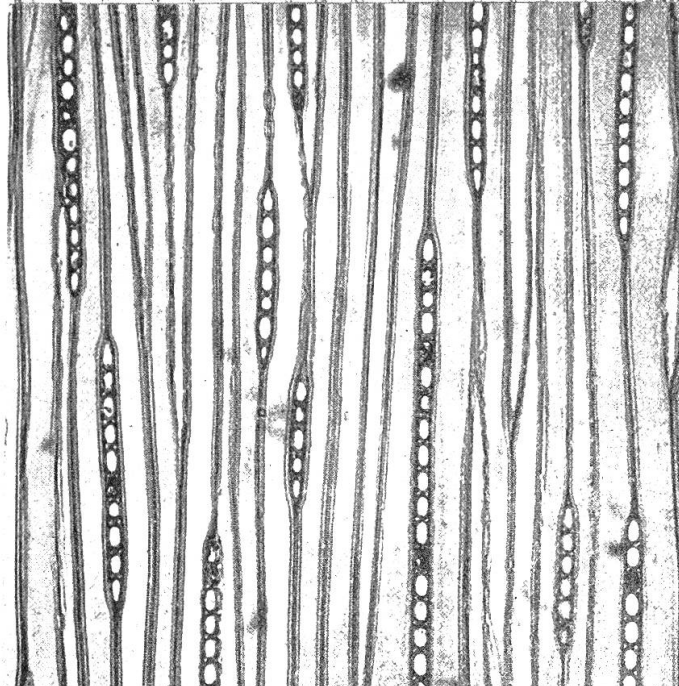
Radialschnitt

Früh- und Spätholz kommen auch in dieser Schnittrichtung zur Geltung: Die längsorientierten Tracheiden lassen sich wiederum an den Zellwandstärken in Früh- und Spätholzzellen unterscheiden. Die Längselemente werden überkreuzt von Markstrahlen, die lediglich aus parenchymatischen Zellen bestehen. Vergrößerung 125:1



Tangentialschnitt

Die viele Zellen hohen Markstrahlen sind alle einreihig. Die längsgerichteten Tracheiden sind beidseitig geschlossene Zellen mit Hoftüpfeln an den gegenseitigen Kontaktstellen oder einseitig behöft Tüpfeln gegen die Markstrahlzellen. Vergrößerung 125:1



gesprochen werden kann. — Die Weißtanne ist nun in diesem Betracht in doppelter Hinsicht Ausnahme: Ihr Kambium vermag auf der Xylemseite nur unter Einwirkung von speziellen Wundreizen Harzkanäle zu bilden, wobei sich aber in diesem Falle die Reizwirkung auf das vertikale Gewebe beschränkt, ohne auch die horizontalen Markstrahlen zu erfassen. Es ist übrigens unklar, welcher Art der Wundreiz sein muß. Offenbar genügen geringe Überbeanspruchungen der kambialen Zone nicht, denn die Bildung von traumatischen Kanälen im Tannenholz ist verhältnismäßig selten. Andererseits sind Harzkanäle in der Tannennrinde und in den Tannenblättern immer zu finden. Das erblich fixierte Merkmal ist somit modifiziert (Bildung von Xylem-Harzkanälen nur nach Wundreizen) und verlagert in periphere Organe. Aus diesen Zusammenhängen wird wahrscheinlich, daß die Harzbildung ein reines Problem der Stoffwechselphysiologie ist und nicht einen in der Literatur vielfach erwähnten nativen Holzschutz darstellt.

Markstrahltracheiden

Die Markstrahlen der Koniferen sind in ihrer äußeren Form einfach; sie präsentieren meist einreihige Bändchen und sind nur dann spindelförmig ausgebuchtet, wenn ein horizontaler Harzkanal umschlossen wird. Hingegen erweisen sie sich vom Gesichtswinkel der funktionellen Differenzierung aus als äußerst vielseitig: das Strahlenparenchym dient als Speichergewebe, die Markstrahltracheiden stellen ein besonderes Leitsystem dar, und die Harzkanalgewebe im Markstrahl dienen der Exkretion. — Diese Funktionstrennung tritt in den höher entwickelten Laubhölzern nicht in diesem Maße in Erscheinung. Die Markstrahlen sind hier zwar weitläufig gegliedert in ein- bis vielreihige Strahlen mit homogenem oder heterogenem Aufbau und normaler oder stockwerkartiger Anordnung, bestehen aber in den allermeisten Fällen nur aus parenchymatischen Zellen. — Von den Abietoiden gehören die Gattungen *Abies*, *Keteleeria* und *Pseudolarix* in die Gruppe mit nur parenchymatischen Markstrahlen, wobei in den Arten aller drei Gattungen auch die horizontalen Harzkanäle fehlen. Die rein parenchymatischen Strahlen sind hauptsächlich einreihig geblieben. Es kann somit auch innerhalb der Nadelholzgruppe von einer Markstrahlentwicklung gesprochen werden; sie hat aber nur zum Verlust der funktionellen Differenzierung geführt und nicht auch zur Aufsplitterung in mannigfaltige Spielformen wie im Laubholz. In *Abies alba* sind zwar in den peripheren Parenchymreihen der Strahlen häufig Kristalle vorhanden, was den Eindruck erweckt, diese Markstrahlzonen könnten auch speziellen Funktionen dienen, allerdings ohne morphologische Manifestation. — Die parenchymatischen Markstrahlzellen unterscheiden sich in der Länge, wenn das marknahe Holz mit demjenigen aus Kambiumnähe verglichen wird. Diese Gesetzmäßigkeit wird, ähnlich wie der Wachstumsverlauf der Längstracheiden, moduliert durch den Wachstumsrhythmus innerhalb einer Vegetationsperiode, wobei die Zellen des

Frühholzes kürzer sind als diejenigen des Spätholzes. Die Tendenz des Längenwachstums über mehrere Jahre wirkt sich aber nicht nur auf den Gesamthabitus der Zelle aus, sondern kann auch an feinen Strukturdetails wiedergefunden werden. In Abbildung 2 sind Messungen der radialen Durchmesser

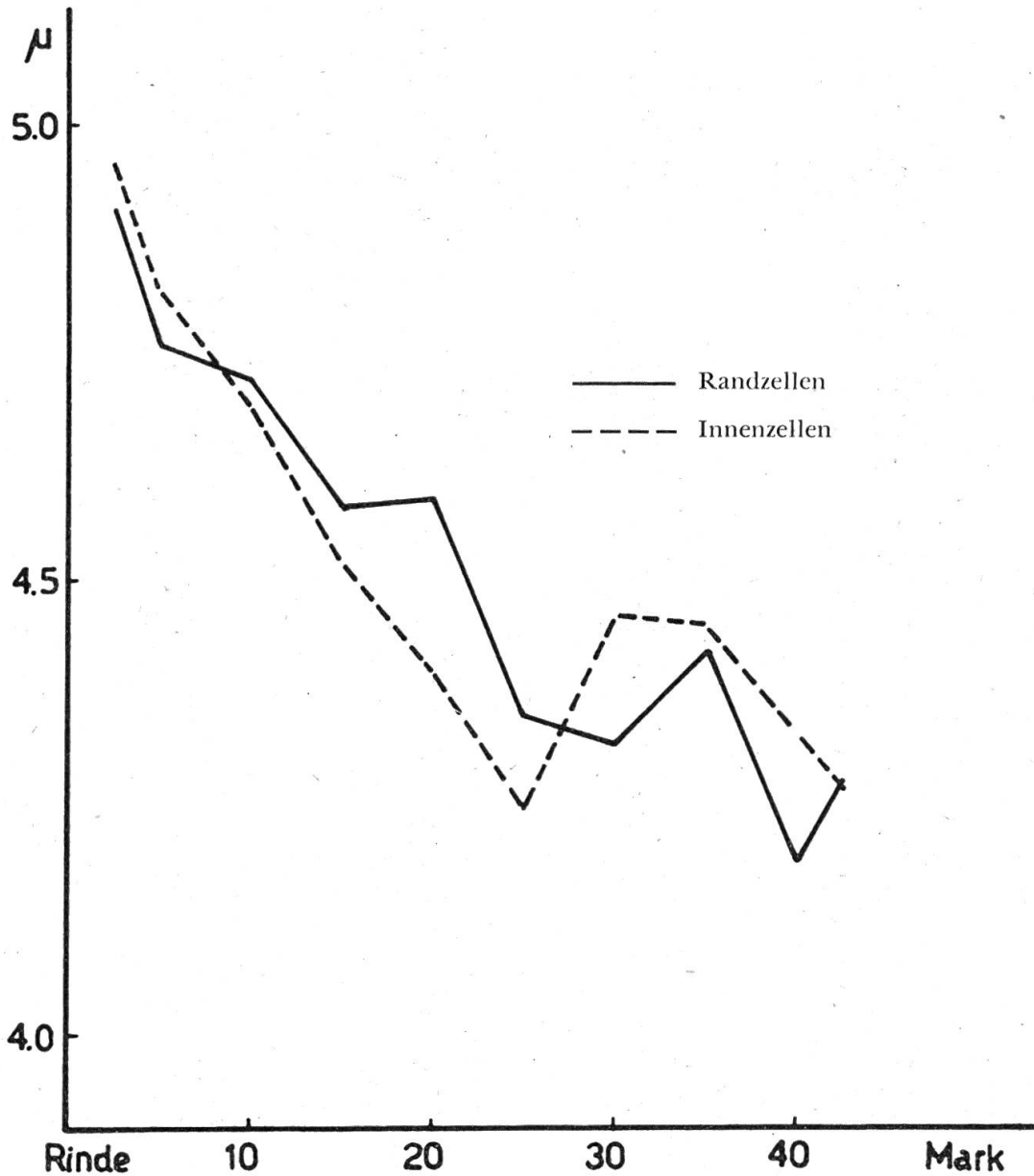


Abb. 2

Radiale Durchmesser der Kreuzungsfeldtüpfel in Tannen-Markstrahlen
(nach Messungen von B. Ernst)

von Kreuzungsfeldtüpfeln dargestellt. Es geht aus diesen Kurvenbildern deutlich hervor, daß die feinen Zellwanddurchbrechungen im Holz nahe der Markröhre bedeutend kleiner sind als in der Nachbarschaft des Kambiums. Hingegen unterscheiden sich die Tüpfel der Randzellen nicht von denjeni-

gen aus der Markstrahlmitte (mindestens sind die Abweichungen in unseren Beobachtungen zu wenig deutlich). Die Markstrahlen der Tanne sind im Holzschutz äußerst wichtig für die Verteilung der Schutzmittel. B. Ernst (1964) hat in seinen Versuchen zur Klärung der Tränkvorgänge in einheimischen Hölzern darauf hingewiesen, daß sich Koniferen meist über die Markstrahlen tränken lassen. Ferner ist in diesen Untersuchungen deutlich geworden, daß in der Tanne mit den verhältnismäßig kleinen Kreuzungsfeldtöpfeln der Markstrahlparenchymzellen und den häufigen Kristalleinlagerungen im Markstrahlrand besonders die Innenzonen der radialen Strahlen der Ölverteilung dienen. Das in der Regel vollständige Fehlen von Harzkanälen im Tannenholz ist übrigens für die Schutzmittelverfrachtung im Holz mitbestimmend: es wird besonders im Föhrenholz beobachtet, daß die weiten Öffnungen des Harzkanalsystems die Durchdringbarkeit des Holzes für Lösungen erhöhen.

Jahrringstruktur

Es ist früher darauf hingewiesen worden, daß der Wechsel von Früh- zu Spätholz in der Weißtanne in schroffen Übergängen vollzogen werde. Das Trockenraumgewicht der Tanne bewegt sich nach Messungen von H. Burger (1951) innerhalb der Grenzen von 0,30 bis 0,65 g/cm³, wobei ein mittlerer Wert von 0,41 g/cm³ bestimmt werden kann. Wichtiger als diese Angaben über das Raumgewicht mehrerer Jahrringe sind Angaben über Raumgewichtskontraste zwischen Früh- und Spätholz (Tabelle 1). Nach Angaben von E. Vintila (1939) und ergänzt durch Beobachtungen von H. E. Wahlberg (1922) liegt die Weißtanne im Vergleich der Raumgewichtskontraste mit der Föhre zwischen Douglasie und Lärche einerseits, Fichte andererseits.

Tabelle 1
Raumgewicht von Früh- und Spätholz
(nach E. Vintila, 1939 und H. E. Wahlberg, 1922)

	<i>Frühholz</i> <i>ro g/cm³</i>	<i>Spätholz</i> <i>ro g/cm³</i>	<i>Frühholz : Spätholz</i>
Douglasie	0,282	0,837	1 : 3,0
Lärche	0,360	1,040	1 : 2,9
Föhre	0,343	0,830	1 : 2,4
Tanne	0,277	0,625	1 : 2,3
Fichte	0,307	0,601	1 : 1,96

Mit diesen Zahlen wird eindrücklich auf die bedeutenden Unterschiede in der Holzqualität von Früh- und Spätholz hingewiesen. Dies wird noch hervorgehoben durch den Hinweis, daß der ro-Mittelwert von Weißtannen-

Frühholz ($r_0 = 0,277 \text{ g/cm}^3$) dem Raumgewicht des leichtesten Laubholzes entspricht, während der Mittelwert $r_0 = 0,625$ des Spätholzes in der Größenordnung des Raumgewichtes der Eiche liegt. Dieser Vergleich zeigt sehr deutlich, daß besonders in Koniferen mit schroffem Übergang von Früh- zu Spätholz allein in einem Jahrring eigentlich zwei grundverschiedene Holzqualitäten vorkommen. Da beispielsweise die Festigkeiten linear mit dem Raumgewicht zunehmen, ergeben sich aus derartigen Strukturwechseln bedeutende technologische Unterschiede: Sie bedeuten Quellen für innere Spannungen und geben Anlaß zu Schwierigkeiten in der Verarbeitung des Holzes. Dies kann an Schwindungsuntersuchungen gezeigt werden (Tabelle 2).

Tabelle 2
 Unterschiede im Schwindmaß von Früh- und Spätholz
 (nach E. Vintila, 1939)

		β_t %	β_r %	β_t/β_r	$\frac{\beta_v/\text{SH}}{\beta_v/\text{SH}}$
Douglasie	FH	5,7	2,9	1,97	2,3
	SH	10,9	9,9	1,10	
Lärche	FH	7,1	3,2	2,21	2,0
	SH	12,3	10,2	1,21	
Föhre	FH	8,1	2,9	2,80	1,7
	SH	11,3	8,2	1,38	
Tanne	FH	5,8	2,4	2,42	1,7
	SH	8,8	6,3	1,39	

Obwohl die absoluten Schwindwerte des Spätholzes durchweg größer sind als im Frühholz, sind wegen des höheren Zellwandanteils pro Volumenanteil die Anisotropien geringer. Bezeichnenderweise wirkt sich dies in Farbkernholzarten noch deutlicher aus als in Tanne, sofern die linearen Schwindmaße in Betracht gezogen werden. Das Verhältnis der Raumschwindung von Früh- und Spätholz hingegen ist für Tanne und Föhre gleich. Es muß im übrigen auffallen, daß die Weißtanne verhältnismäßig geringe Schwindwerte aufweist, verglichen mit den übrigen Holzarten, obwohl sie unter den vier die einzige Art mit hellem Kernholz ist. — Die bedeutenden Strukturunterschiede in den Jahrringen der Weißtanne mögen das Holz des jungen Stammes nur wenig zu beeinflussen; die auftretenden Spannungen sind offenbar noch von geringer Größenordnung und können ausgeglichen werden. Im alten Holz hingegen neigt die Tanne zur Bildung von Schälrisen; bei gleichzeitig auftretendem Drehwuchs entstehen häufig «Fischohren». Die Weißtanne sollte schon aus diesen Gründen nicht zu spät geerntet werden.

Vom mikroskopischen Strukturbild her läßt sich eine Reihe von besonderen

Eigenschaften des Tannenholzes deuten. In diesem Zusammenhang sei noch kurz auf die Splint/Kern-Relation hingewiesen. Tannenholz verkernt wie jede andere Holzart, das heißt, mit zunehmendem Alter des Stammes werden die Hoftüpfel der Längstracheiden verschlossen und die Speicherzellen (vorwiegend Markstrahlzellen) verlieren ihren Protoplasten, das Gewebe stirbt ab. Bei dieser Nekrobiose entstehen allerdings keine oder nur geringe Mengen von Farbkernphenolen, so daß das innere Holz hell bleibt. Das verleitet gern zur Täuschung über das eigentliche Wesen der Verkernungsvorgänge; es ist indessen sicher, daß in der Weißtanne wie übrigens auch in der Fichte ähnliche Umlagerungsprozesse vorkommen beim Übergang von Splint- in Kernholz wie etwa in Lärche oder Föhre. — Die Farbe des Holzes wird nicht nur durch die Einlagerungen von Farbkernpigmenten, sondern vielfach auch durch den Anteil an Spätholz beeinflusst. Darin mag der wesentliche Grund für die farbliche Nuancierung von Fichten- und Tannenholz liegen.

In vielen Verwendungszwecken wird nicht unterschieden zwischen Fichte und Tanne. Die in Tabelle 3 enthaltenen Angaben über Festigkeitseigenschaften von einigen einheimischen Nadelhölzern vermögen genügend deutlich darzustellen, daß diese Verallgemeinerung weitgehend berechtigt ist. Obwohl die Weißtanne im Mittel das leichteste Holz der vier aufgeführten Arten produziert, lassen sich gute Festigkeitseigenschaften feststellen, die

Tabelle 3

Technologische Daten einheimischer Nadelhölzer
(aus Merkblättern in Holz als Roh- und Werkstoff 1939 und 1940)

Daten		Weißtanne	Fichte	Lärche	Föhre
ρ_0 g/cm ³		0,32-0,41-0,71	0,30-0,43 0,64	0,40-0,55-0,82	0,30-0,49-0,86
E-Modul		110 000	110 000	138 000	120 000
(kg/cm ²)	⊥	4 900	5 500	—	4 600
Zugfestigkeit		840	900	1 070	1 040
(kg/cm ²)	⊥	23	27	23	30
Druckfestigkeit					
(mkg/cm ²)		400	430	470	470
Bruchschlagarbeit					
(kg/cm ²)		0,60	0,50	0,70	0,70
Brinell-Härte		3,0	3,2	5,3	4,0
(kg/mm ²)	⊥	1,6	1,2	1,9	1,9

das Material für vielseitige Zwecke verwendbar machen. Das Weißtannenholz ist zwar parallel zur Faser etwas weicher als Fichtenholz, quer zur Faser-

richtung infolge des hohen Spätholzanteils hingegen eher härter, etwa mit Föhre und Lärche vergleichbar. — Ein wesentlicher Unterschied, der allerdings auch für Fichtenholz gilt, liegt in der geringeren Dauerhaftigkeit verglichen mit Föhren- und vor allem Lärchenholz. Dies ist bedingt durch die modifizierte Kernbildung, die im einen Falle helles Holz, im anderen hingegen von phenolischen Farbkernsubstanzen durchtränktes Holz erzeugt. In der älteren Literatur wird verschiedentlich auf den Einfluß der Fällzeit auf die Eigenschaften von Fichten- und Tannenholz hingewiesen. Nach eingehenden technologischen Untersuchungen von H. Knuchel (1930) steht jedoch die Unhaltbarkeit dieser These fest.

Tannenholz ist gesamthaft gesehen ein sehr wertvolles Material. Es wird besonders hoch geschätzt, wenn es gleichmäßige Jahrringe mit ausgeglichener Struktur aufweist. Die forstlichen Eingriffe zur Förderung der Tannenholzqualität sollen aus diesen Gründen nur schrittweise und mit Bedacht erfolgen.

Zusammenfassung

Weißtannenholz zeigt im mikroskopischen Bild charakteristische Merkmale, die es leicht von anderen Koniferen unterscheiden läßt. Zu diesen Sonderheiten gehören das Fehlen von Harzkanälen im Holz und von Tracheiden in den Markstrahlen sowie die prägnante Jahrringstruktur. Alle drei bedingen Besonderheiten im makroskopischen Aussehen oder in der Verarbeitung. Mit Recht wird hingegen in der Praxis kaum zwischen Fichten- und Tannenholz unterschieden, da sich in beiden Hölzern gleichwertige Festigkeits- und Elastizitätseigenschaften nachweisen lassen. Die wichtigsten Unterschiede sind in der geringeren Dauerhaftigkeit des Fichten-Tannen-Materials gegenüber Föhren- und Lärchenholz zu finden, was zwangsläufig in der verschiedenen Anwendung zum Ausdruck kommt.

Résumé

Le bois du sapin blanc

L'image microscopique du bois du sapin blanc montre des caractéristiques particulières qui permettent de distinguer facilement cette essence des autres résineux. Parmi ces particularités, il faut citer l'absence de canaux résinifères dans le bois et de trachéides dans les rayons, ainsi que la structure bien marquée des cernes annuels. Ces trois caractéristiques provoquent une image microscopique particulière et des singularités lors du travail du bois: le bois de sapin n'a en général pas de résine; cependant, après certaines blessures du cambium, il peut se former des canaux résinifères traumatiques. Le sapin n'a donc pas perdu la capacité de former des canaux résinifères, alors même que cette caractéristique n'est plus fixée dans le bois. Du reste, cette capacité est manifeste dans les tissus de l'écorce et des aiguilles où les poches et les canaux résinifères sont courants.

Les rayons du sapin blanc ne sont constitués que par des cellules parenchymateuses. Par ce fait, ils se distinguent des rayons de l'épicéa, du pin et du mélèze. Chez ces trois conifères, le transport de l'eau dans les rayons est assuré par des trachéides transversales. Cette caractéristique a une importance toute particulière pour le processus d'imprégnation des bois d'essences résineuses. Dans ce processus, la répartition des produits de protection se fait le plus souvent par le système des rayons; c'est pourquoi les parties intérieures des rayons sont importantes chez les sapins, alors que, chez les autres conifères, ce sont les trachéides de rayon marginales qui sont importantes.

Dans les cernes annuels du sapin blanc, le bois initial et le bois final alternent d'une façon bien marquée. Les différences de densité de ces deux zones d'un cerne sont très grandes (bois initial: $r_0 = 0,277 \text{ g/cm}^3$, bois final: $r_0 = 0,655 \text{ g/cm}^3$); il est permis de parler dans ce cas de deux qualités différentes de bois.

Le bois du sapin blanc est de couleur claire jusque dans la moelle, à l'opposé du bois du pin ou du mélèze par exemple. Cela ne signifie cependant pas que l'intérieur du sapin blanc n'est pas transformé en bois de cœur. La formation de bois de cœur peut tôt ou tard être déterminée chez chaque essence forestière; elle se manifeste par la transformation des tissus vivants contenant les matières de réserve. Dès que les noyaux des cellules parenchymateuses se caillibottent (deviennent pycnotiques) et restent finalement fixés sans fonction aux membranes cellulaires, ou même se dissolvent, cette partie du bois passe de l'aubier au bois de cœur. En même temps, les ponctuations aréolées des trachéides se ferment.

Avec raison, on différencie à peine dans la pratique entre bois d'épicéa et bois de sapin blanc, car chez les deux essences on trouve des caractéristiques de résistance et d'élasticité de même valeur. Les principales différences résident dans la durabilité plus faible du bois d'épicéa et de sapin par rapport au bois de pin et de mélèze, ce qui automatiquement se manifeste dans les différentes utilisations du bois de ces essences forestières.

Traduction Farron

Literatur

- Burger H.:* Holz, Blattmenge und Zuwachs. XI. Mitteilung: Die Tanne, Mitteilungen der Schweiz. Anstalt für das forstliche Versuchswesen, 27 (1951) p. 247—286
- Ernst B.:* Über die Imprägnierbarkeit von Nadel- und Laubhölzern mit Steinkohlen-Teeröl. Diss. ETH Zürich Prom. Nr. 3529 (1964)
- Knuchel H.:* Untersuchungen über den Einfluß der Fällzeit auf die Eigenschaften des Fichten- und Tannenholzes. Beiheft zu den Zeitschriften des Schweiz. Forstvereins, Nr. 5, 1930, p. 1—127
- Vintila E.:* Untersuchungen über Raumgewicht und Schwindmaß von Früh- und Spätholz bei Nadelhölzern. Holz als Roh- und Werkstoff 2 (1939) p. 345—357
- Wahlberg H. E.:* Svensk Papperstidning 35 (1922) 25 zit. in F. Kollmann, Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe, 2. Aufl., Band 1, p. 344