

# HOLZ

## ALS ROH- UND WERKSTOFF

197

6. JAHRGANG

JULI 1943

HEFT 7

### Weitere Untersuchungen über die Schwindungsanisotropie des Holzes.

Von A. Frey-Wyssling, Zürich.

*Das Übergewicht des tangentialen Schwindmaßes  $\alpha_t$  über das radiale  $\alpha_r$  kann auf die verschiedene Mächtigkeit der Mittelschichten in radialer und tangentialer Richtung zurückgeführt werden.*

In einer Untersuchung über die Ursache der anisotropen Schwindung des Holzes (Frey-Wyssling 1940) konnte nachgewiesen werden, daß das nach Richtungen verschiedene Schwindmaß mit der Entquellung der Mittelschicht zwischen den Holzzellen zusammenhängt, während den mächtigen sekundären Verdickungsschichten der Zellwände nur eine untergeordnete Bedeutung zukommt. Die Mittelschicht besteht aus den beiden Primärwänden benachbarter Zellen und der dazwischen gelagerten Mittellamelle (oder Interzellularsubstanz nach Kerr und Bailey). Die Primärwand stammt von der kambialen Zellwand ab und die Mittellamelle bildet gewissermaßen die „Leimfuge“ zwi-



Bild 1. Schichtung der Zellwände.

Interzellularsubstanz (Int) = Primärwand (I) = Mittelschicht (II) = Sekundärwand (III) mächtig entwickelt.

sehen den Holzzellen. Ohne besondere Mazerationspräparierung können die Primärwände und die Mittellamelle im gewöhnlichen Mikroskop nicht voneinander unterschieden werden, da sie innig miteinander verwachsen sind und zufolge ihres gemeinsamen Pektin Gehaltes das gleiche färbereiche Verhalten aufweisen (selektive Anfärbung mit den Pektin Farbstoffen Methylenblau und Rutheniumrot, starke Speicherung basischer Farbstoffe, wie Gentianaviolett, Safranin usw.). Die beiden Primärlamellen und die dazwischen gelegene Mittellamelle werden daher für holz-anatomische Studien zweckmäßig als Mittelschicht zusammengefaßt (Frey-Wyssling 1935).

#### Einfluß der Pektinstoffe.

Da die Pektinstoffe im lebenden Zustande der Pflanzen besonders stark gequollen sind, ist es verständlich, daß die pektinhaltigen Zellwandschichten den Schwindprozeß beim Austrocknen in erster Linie bestimmen. Bezeichnet man die Dickenabnahme der Mittelschicht beim Trocknungsprozeß mit  $\Delta$  m, so erhält man die Gesamtschwindung in einer bestimmten Richtung offenbar dadurch, daß man alle  $\Delta$  m der Zellwände, die senkrecht zur fraglichen Richtung verlaufen, summiert:  $\Sigma \Delta$  m. Weil nun die Holztracheiden und Holzfasern größenordnungsmäßig 100mal länger als breit sind, trifft man in der Querrichtung eines Stammes etwa 100mal mehr Zellwände als in der Längsrichtung. Dadurch erklärt sich ungezwungen, daß das

Schwindmaß in der Längsrichtung  $\alpha_l$  im allgemeinen zwei Größenordnungen geringer ausfällt als das Querschwindmaß  $\alpha_t$  und  $\alpha_r$ .

#### Der Unterschied der beiden Querschwindmaße.

Viel schwieriger ist es, den Unterschied der beiden Querschwindmaße zu verstehen, denn das tangentiale Schwindmaß  $\alpha_t$  ist bei allen Hölzern größer als das radiale Schwindmaß  $\alpha_r$ ; häufig ist es etwa doppelt so groß. Die Schwindungsanisotropie auf dem Hirschnitt ist technisch von besonderer Bedeutung, denn sie führt zu Reißbildungen in Holzscheiben und Balken, in denen nicht alle Jahrringe aufgeschnitten sind. Größere Holzstücke, die das Mark enthalten, müssen beim Trocknungsprozeß unweigerlich reißen, weil der Umfang ihrer geschlossenen Jahrringe stärker schwindet als deren Durchmesser.

Die Aufklärung der Querschwindungsanisotropie ist daher theoretisch und praktisch von besonderer Wichtigkeit. In Nadelhölzern mit starkem Jahreszuwachs, wie bei der im schweizerischen Mittelland angesiedelten Weymouthskiefer oder der Mittelland-Lärche, sind die Frühjahrs-tracheiden in radialer Richtung breiter als in tangentialer. Durch Auszählung kann man finden, daß die Anzahl Zellen, je Längeneinheit auf dem Radius gezählt, kleiner ist, als wenn man in tangentialer Richtung zählt. Das größere tangentiale Schwindmaß wird auf diese Weise verständlich; und es ist in der letzten Arbeit (Frey-Wyssling 1940) für einen Sonderfall gezeigt worden, daß sogar quantitative Beziehungen zwischen Zellenzahl und Schwindmaß in bestimmten Richtungen bestehen können.

Bei der Prüfung eines größeren Materials stellte sich jedoch heraus, daß nur in seltenen Fällen die Anzahl Tracheiden in radialer Richtung je Längeneinheit etwa doppelt so groß ist wie in tangentialer Richtung. Besonders bei Gebirghölzern (Arve, Hochgebirgslärche) mit engen Zuwachsringen ist die Zellenzahl in den beiden Hauptrichtungen auf dem Holzquerschnitt je Längeneinheit gering; und bei allen Nadelhölzern kann man im Spätholze Verhältnisse finden, wo die Tracheiden tangential gemessen breiter sind als in radialer Richtung, so daß die Zellenzahl in tangentialer Richtung sogar kleiner ausfällt als in radialer.

Nun hat Vintila freilich nachgewiesen, daß der Unterschied zwischen tangentialem und radialem Schwindmaß bei der Lärche für das Spätholz relativ bedeutend kleiner ist als für Frühholz. Aber tangential abgeplattete Spätholztracheiden, wie sie in der Regel auftreten, müßten ja für das Spätholz zu einem größeren radialen Schwindmaße führen. Solche Fälle sind bis jetzt nicht bekannt geworden. Wir haben uns daher bemüht, weitere Tatsachen für die Erklärung des konstanten Überwiegens der Tangential-schwindung auf dem Holzquerschnitt beizubringen.

#### Die Mächtigkeit der Mittelschicht.

Eine genauere Untersuchung der Mächtigkeit der Mittelschicht zeigt nun im Spätholz aller untersuchten Koniferen, daß die radial verlaufenden Mittelschichten etwas dicker

sind als die tangential gerichteten. Manchmal ist ihre Mächtigkeit fast doppelt so groß. Bettet man die Querschnitte statt in Kanadabalsam in Glyzeringelatine ein, so daß die Mittelschicht nicht so stark entquillt und färbt mit Gentianaviolett, so kann man die Mittelschichten zwischen den radialen Zellreihen einer Initiale als ziemlich breites Trennungsband erkennen, während die tangential verlaufenden Mittelschichten nur linienhaft angedeutet sind. Bild 2 zeigt eine solche Aufnahme von Kiefernspätholz (*Pinus silvestris*). Dieselbe Erscheinung kann aber auch auf dem in der letzten Arbeit (S. 351) wiedergegebenen Lärchenschnitt im Spätholz erkannt werden, nur ist dort der Abbildungsmaßstab wesentlich kleiner.

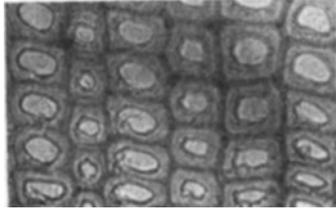


Bild 2. Querschnitt durch Kiefernholz (*Pinus silvestris*) Spätholz. Die radial verlaufenden Mittelschichten sind breiter angelegt als die tangential verlaufenden. Einbettung in Glyzeringelatine, Färbung mit Gentianaviolett.

Da die Mächtigkeit der Mittelschicht nach Richtungen verschieden ist, genügt es für die Beurteilung der Schwindmaße nicht, nur die Anzahl Mittelschichten je Längeneinheit in den verschiedenen Richtungen zu zählen, sondern man muß berücksichtigen, daß das Schwindmaß  $\Delta_m$  der einzelnen Mittelschichten, je nach ihrer Mächtigkeit, verschieden ist. Wir müssen daher ein tangenciales Elementarschwindmaß  $\Delta_{m_t}$  und ein radiales  $\Delta_{m_r}$  unterscheiden, wobei  $\Delta_{m_t}$  bedeutend größer ausfällt, und diese Werte bei der Summierung über die Anzahl Zellen je Längeneinheit einsetzen. Damit ist das konstante Überwiegen des Tangentialschwindmaßes  $\alpha_t$  über das Radialschwindmaß  $\alpha_r$  erklärt.

Schwieriger ist es, einen Grund anzugeben, warum die radial verlaufenden Mittelschichten im Holze mächtiger angelegt werden, als die tangential verlaufenden. Man könnte geltend machen, daß zur Zeit der Spätholzbildung der Umfang des Kambiums größer ist als zur Zeit der Frühholzbildung, so daß ein größerer Abstand der gleichbreit bleibenden Tracheiden notwendig werde. Aber bekanntlich wird ja der Umfangvermehrung des Kambiums durch seltene Querteilungen der Initialen Genüge geleistet.

Interessanterweise erscheint im Spätholz nicht nur die Mittelschicht in radialer Richtung mächtiger, sondern

häufig sind auch die radialen Sekundärschichten deutlich dicker als die tangentialen, wie dies aus Bild 3 hervorgeht. Lohwag hat nachgewiesen, daß sich diese örtlich verschieden mächtigen Sekundärwände auch bei der Delignifizierung mikrochemisch verschieden verhalten, und bei Pilzangriffen durch *Fomes Hartigii* werden die dünneren Tangentialwände zuerst vollständig aufgelöst, während die Radialwände als Skelett stehen bleiben (s. Bild 2 bei Lohwag).

Es ist möglich, daß die auffällige Verstärkung der radialen Wandschichten im Spätholz irgendwie mit dem Rindendruck in Beziehung steht. Diese Überlegung ist jedoch kaum geeignet, uns die Anlage der breiten radialen Mittelschichten verständlicher zu machen. Wir müssen da-

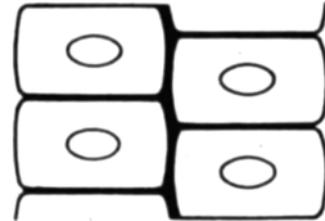


Bild 3. Tracheidenquerschnitt von Kiefernspätholz. Mittelschicht schwarz, Sekundärwand weiß gehalten. Die radial verlaufenden Zellwände (Mittelschicht und Sekundärwand) sind mächtiger angelegt als die tangential verlaufenden.

her die Beobachtungstatsache hinnehmen, daß die radial verlaufenden Mittelschichten mächtiger sind als die tangential gerichteten, wodurch das größere tangentiale Schwindmaß bedingt wird.

#### Zusammenfassung.

Es wird nachgewiesen, daß nicht nur die Anzahl der stark schrumpfenden Mittelschichten für die Quellungsanisotropie auf dem Holzquerschnitt maßgebend ist, sondern daß auch die Mächtigkeit der Mittelschichten in Betracht gezogen werden muß. Wie namentlich im Spätholz der Nadelhölzer zu beobachten ist, werden die radial verlaufenden Mittelschichten zwischen den Holzzellen breiter angelegt, als die tangential gerichteten. Dies hat zur Folge, daß das tangentiale Schwindmaß des Holzes das radiale Schwindmaß in allen Fällen überwiegt.

#### Schrifttum.

A. Frey-Wyssling, Die Stoffausscheidung der höheren Pflanzen. Berlin: Springer-Verlag 1935 — Die Ursache der anisotropen Schwindung des Holzes. Holz als Roh- u. Werkstoff Bd. 3 (1940) S. 349. — Kerr und Bailey, Structure and chemical composition of the so-called Middle Lamella. J. Arnold Arboretum Bd. 15 (1934) S. 327. — K. Lohwag, Untersuchungen über die Holzzerstörung durch *Fomes Hartigii* und *Fomes robustus*. Z. Pflanzenkrankheiten Bd. 50 (1940) S. 481.

## Die Aufbereitung von Generatorholz.

Von H. Gläser, Berlin.

(Aus den Arbeiten der Technischen Zentralstelle der deutschen Forstwirtschaft.)

*Die gleiche Holzmenge kann zum Antrieb von 100 oder 150 Kraftfahrzeugen dienen, je nachdem, ob das Holz zweckentsprechend getrocknet und zerkleinert worden ist, oder ob Fehler bei der Aufbereitung gemacht wurden.*

*Die Technische Zentralstelle hat es daher als ihre Aufgabe angesehen, die bekannten Zerkleinerungsverfahren und -maschinen zusammenzustellen. Hierüber wurde auch bei der letzten Sitzung der Arbeitsgemeinschaft zur Generatorholzentlastung eingehend gesprochen.*

### Zerkleinerungsverfahren für Waldholz.

Daß in Form von Waldbrennholz anfallende Generatorholz kann nach zwei grundsätzlich verschiedenen Ver-

fahren zerkleinert werden, nämlich einmal durch Zerhacken senkrecht oder schräg zum Faserverlauf des Holzes mit Hilfe sogenannter Hackrotore und zweitens durch Spalten längs der Faser und Zersägen senkrecht zur Faserichtung. Das aus zwei Arbeitsgängen bestehende Zerkleinerungsverfahren Sägen und Spalten kann man wieder unterteilen je nach der Reihenfolge, in der diese Arbeitsgänge vorgenommen werden: Entweder wird das Holz in langem Zustand erst gespalten und dann werden die Spaltstücke in kleine Abschnitte zersägt, oder aber das Holz wird in rundem oder grobgespaltenem Zustand zunächst