G. Böhner, M. Säcker: Entwicklung der Feuchteverteilung im . . . •

Georg Böhner, Markus Säcker Institut fürHolzforschung, Universität München; Winzererstr. 45; D-80797 München

## Entwicklung der Feuchteverteilung im Splint- und Kernholz in der Anfangsphase einer Trocknung

Development of moisture content distribution in sapwood and heartwood during initial stages of drying

# Razvoj raspodjele vlage u bjeljici i srži tokom početnog razdoblja sušenja

Izvorni znanstveni rad

Prispjelo: 21. 03. 1996. • Prihvaćeno: 13. 01. 1997. • UDK 634\*847

**ZUSAMMENFASSUNG** • Aus Trocknungsversuchen bei 60°C und einer relativen Luftfeuchte von 77% (dT=5K;  $u_{gl} \approx 12\%$ ) mit sehr feuchten 45 mm Fichtenbohlen, mit jeweils hohen Kern- und Splintholzentteilen, wurden die Feuchteverteilungen im Querschnitt nach verschiedenen Trocknungszeiten ermittelt. Zusätzlich wurden in beiden Zonen die Feuchten in verschiedenen Tiefen elektrisch gemessen. Die Ergebnisse zeigten, daß der Feuchtegehalt im Splintholz über eine sehr lange Trocknungszeit weit hinter der des Kernholzes zurückbleibt und erst in der Endphase eine weitgehende Angleichung beider Zonen zu erwarten ist. Dies ist auch aus den elektrischen Meßwerten der Holzfeuchte abzuleiten. Soll eine Trocknung schonend sein und zu einer ausgeglichenen Feuchteverteilung innerhalb des Stapels führen, so ist der Position der elektrischen Meßsonde zur Steuerung einer technischen Trocknung besondere Beachtung zu widmen, wobei neben Kern- und Splintholz auch die Jahrringlage zu beachten ist.

Schlagwörter: Fichte, Trocknung, Kernholz, Splintholz

**SUMMARY** • 45 mm boards of spruce, with high moisture content and parts of sapwood and heartwood, were dried at a temperature of  $60^{\circ}$ C and at a relative humidity of 77% (dT=5K;  $ugl \approx 12\%$ ). The distribution of the moisture content about the cross section was estimated before and after different times of drying. Over a logn drying time in the sapwood the humidity was higher than in the heartwood and only at the end of drying sapwood and heartwood reached the same humidity. Also from electrical measurements of the moisture content in the two zones their different behaviour in the drying process can be seen. If a drying process should be carefull, the position of the electrode for the measuring of the moisture content as the controll member of the drying process, is very important. In addition to the observance of the distribution of sapwood and heartwood also the character of the annual rings is to be taken into account.

Keywords: Spruce, drying, heartwood, sapwood.

**SAŽETAK** • Smrekove piljenice debljine 45 mm, koje su imale visok sadržaj vode a sastojale su se i od srži bjeljike, sušene na temperaturi od 60 °C i relativnoj vlažnosti zraka od 77% (dT = 5K,  $u_{gl} \approx 12\%$ ). Pri tome je određivan raspored sadržaja vode po prosječnom presjeku prije i nakon različitih trajanja sušenja. Dodatno je sadržaj vode mjeren električnim mjeračem u zoni bjeljike i zoni srži na različitim dubinama.

Rezultati pokazuju da sadržaj vode bjeljike tokom podužeg trajanja sušenja zaostaje na znatno višim vrijednostima nego u bjeljici. Tek u završnom razdoblju sušenja se može očekivati izjednačenje sadržaja vode u obje zone. Različito ponašanje dviju zona je vidljivo i iz električnih mjerenja sadržaja vode.

Ukoliko se želi ostvariti brižljivo vođenje postupka sušenja tako da dovede do izjednačenog sadržaja vode unutar složaja potrebno je posebno voditi računa o položaju mjernih elektroda u daskama za kontrolu tehničkog sušenja. Pri tome treba paziti ne samo na raspodjelu na zone bjeljike i srži, već i na položaj godova.

Ključne riječi: Smrekovina, sušenje, srž i bjeljika

### 1. EINLEITUNG

1. Uvod (Introduction)

Bei frisch gefällten Nadelhölzern weisen Splint- un Kernholz große Feuchteunterschiede auf. Werden solche Hölzer schon kurz nach der Fällung eingeschnitten und technisch getrocknet, so ist dieser Feuchteunterschied kaum abgebaut und die Position der zur Steuerung der Trocknung notwendigen elektrischen Feuchtemessung bekommt eine besondere Bedeuting. Diese Meßstelle ist nach Keylwerth und Noack (1964) im feuchtesten Brett bzw. an der für die Trocknung ungünstigsten Stelle vorzusehen. Da Splintholz allgemein besser trocknen soll als Kernholz (Wagner u.a., 1989), könnte bei der Positionierung dieser Meßstelle auch der Anteil dieser beiden Holzzonen im Testbrett für die Entscheidung wichtig sein. Elektrisch während der Trocknung von Fichten-Kanthölzem gemessene Feuchteverteilungen im Querschnitt von Splint- und Kernholz, wobei hier die Trocknung bewußt von der Feuchte im Splintholz guesteuert worden war, zeigten jedoch daß in größeren Querschnittiefen Splintholz über weite Phasen der Trocknung feuchter war als Kernholz. Das Trocknungsverhalten der beiden Holzzonen wurde an 2 bezüglich der Kern- und Splintholzanteile unterschiedlich strukturierten Fichtenproben untersucht.

#### 2. MATERIAL UND METHODEN 2. Materijal i metode (Materials and Methods)

Aus jeweils einer etwa 70 cm langen, 45 mm dicken und 180 mm breiten besäumten Fichtenbohle wurden 3 bzw. 2 gleich lange Teilstücke und zwischen diesen

#### Bild 1

Schema zur Aufteilung der Versuchsprobe (SF1: erste Spaltfolge; SF2: zweite Spaltfolge). • Scheme for the distribution of the specimen (SF1: first division; SF2: second division). • Shema raspodjela ispitnih proba (SF1: prvi smjer piljenja, SF2: drugi smjer piljenja).



jeweils 2 etwa 1 cm dicke Querschnittsscheiben herausgeschnitten (Bild 1). Nach der Darrmethode (DIN 52183) wurde an einer Scheibe die mittlere Holzfeuchte und an der anderen Scheibe durch Zerteilen die Feuchteverteilung im Querschnitt bstimmt (Bild 1). Um bei den kurzen Bohlenstücken eine Feuchtevabgabe über die Seiten- und Axiaflächen möglichst zu vermeiden, wurden diese mit einem elastischen Polvurethan Kleber beschichtet. Die Probenstücke einer Bohle wurden gleichzeitig in den Versuchtrockner eingelegt und bei einer Temperatur von 60°C und einer psychrometrischen Differenz von 5 K ( $\rho \approx 77\%$ ; ugl  $\approx 12\%$ ) getrocknet. Nach verschiedenen Trocknungszeiten wurde jeweils eine Teilprobe dem Trockner entnommen und aus deren Mitte, in gleicher Weise wie vor der Trocknung, 2 etwa 1 cm dicke Querschnittsscheiben zur Bestimmung der mittleren Feuchte un der Feuchteverteilung entnommen. In dem Teilstück, das bis zum Versuchsende im Trockner verblieb, waren zusätzlich im Splint- und im Kernholzbereich Elektrodenpaare zur elektrischen Bestimmung der Feuchte in 5, 10 und 22,5 mm Tiefe eingebracht. Die Meßelektroden hatten teilweise einen isolierten Schaft und waren an der Spitze (4 mm Durchmesser) auf einer Länge von 5 mm blank.

Zur gravimetrischen Ermittlung der Feuchteverteilung im Querschnitt wurden von den Scheiben im Bereich des Splintholzes etwa 1 cm und im Bereich des Kernholzes etwa 2 cm breite Stücke abgespalten (Bild 1; Spaltfolge 1) und diese dann in 5 gleiche Teile (Spaltfolge 2) geteilt. Die Summe zusammengehörender Einzelproben von etwa 60 bis 80 Stück je Querschnitt führte zur Verteilung längs der Probenbreite, bzw. der Probendicke (Streifen S1 bis S5; s. Bild 1).

#### 3. ERGEBNISSE 3. Rezultati (Results)

Bild 2 zeigt die Querschnitte von 2 utnersuchten Proben, die eine unterschiedliche Jahrringstruktur hatten, sowie deren Feuchteverteilungen vor der Trocknung. Beide Proben sind im Splintbereich noch sehr feucht, bis zu etwa 210%, und weisen eine deutliche Kern-Splintholz-Grenze auf. Lediglich in Randzonen sind, infolge der Zwischenlagerung, teilweise etwas größere Feuchtverluste gegeben. Versuch 1 wurde, im Gegensatz zu Versuch 2, mit drei Teilproben durchgeführt. Hier konnten vor der Trocknung Feuchteverteilung an 2 Scheiben, die einen Abstand von etwa 25 cm hatten, bestimmt werden. Obwohl diese in der Tendenz übereinstimmten, waren doch Unterschiede zwischen beiden Querschnitten gegeben, die in den mittleren Feuchten der beiden Scheiben von 99% bzw. von 104% zum Ausdruck kommen. Diese Schwankungen sind bei der Bewertung der Feuchteverteilungen nach den einzelnen Trocknungsstufen (Bild 3), die aus verschiedenen Lagen der Proben gewonnen wurden, zu berücksichtigen.

Bild 3 zeigt für die beiden Versuche die Feuchteentwicklung in der Probe nach verschiedenen Trocknungs zeiten. Eine für die Trocknersteuerung in der Regel notwendige Meßelektrode dürfte hier in die Streifen S2 oder S4 (je nachdem von welcher Seite die Elektroden bis auf etwa 1/3 der Probendicke eingebracht werden) reichen. Wegen hoher Feuchtewerte im Streifen S3 dürfte die elektrische Messung jedoch auch von dieser Zone beeinflußt sein. Die für die "Splint-" bzw. "Kernholzzone" aus elektrisch gemessenen Feuchtewerten folgenden Verläufe der Holzfeuchten in 5, 10 und 22,5 mm Tiefe sind in Bild 4 dargestellt.



Wie aus den Bildern folgt, trocknen in der Splintholzzone nur die Randbereiche relativ schnell, während in größerer Probentiefe bzw. in weiterem Abstand von den Randflächen die Trocknung nur langsam fortschreitet. Das vorgegebene Trocknungsklima  $(u_{gl} \approx 12\%)$  führt auch im Kernholzbereich, bevorzugt in der Anfangsphase in den Randzonen, zu einer Senkung des Feuchtegehaltes. So liegt z.B. bei Versuch 2, mit der sehr steil zur Oberfläche geneigten Kern- Splintholz-Grenze, auch nach 68stündiger Trocknung in den Streifen S2bzw. S4 die Splintfeuchte teilweise noch deutlich über 100%, während im Kernholzbereich die Feuchte bereits unter 20% gesunken ist. Auch Versuch 1, wo in der Probe die Kern-Splintholz-Grenze etwas anders verlief, führte zu einem ähnlichen Ergebnis. Hier war selbst nach 94 Stunden Trocknung in Teilbereichen des Splintholzes die Feuchte noch weit über der Fasersättigungs feuchte und damit wesentlich höher als im Kernholzbereich.

Auch die elektrisch in verschiedenen Tiefen gemessenen Holzfeuchten (Bild 4), die in der Regel der Trocknungssteuerung zugrunde liegen, verlaufen im Splint- und im





#### Bild 2

*Ouerschnittsbild und* Feuchteverteilung im Querschnitt, aufgeteilt in 5 Streifen (S1...S5), von 2 Fichtenbohlen (d = 45 mm)vor der Trocknung (Position der Elektroden zur elektrischen Messung der Feuchte in der Kern-E-"K" bzw. der Splintholzzone E- "S"). • Cross section and moisture distribution in the cross section. devided in 5 stripes (S1...S5) for 2 boards of sprucewood (d=45 mm) before drying (position of the electrodes for electrical measuring of the moisture content in heart- E- "K" and sapwood E- "S"). • Izgled poprečnog presjeka i raspodjela sadržaja vode pri podjeli na 5 odsječaka (STR1 - STR5) dviju smrekovih piljenica (d = 45mm) prije sušenja (položaj elektroda za električno mjerenje sadržaja vode u srži je označen s "E-K" a u bjeljici s "E-S".

#### Bild 3

Entwicklung der Feuchteverteilung im Querschnitt von 2 Fichtenbohlen (d = 45)mm), aufgeteilt in 5 Schichten, nach verschiedenen Trocknungszeiten. • Evaluation of the distribution of moisture in the cross section of 2 boards of sprucewood (d = 45 mm), divided into 5 stripes, after different times of drying. • Razvoj raspodjele sadržaja vode u dvjema smrekovim piljenicama (d = 45 mm)podjeljenih na 5 odsječaka, nakon trajanja sušenja od 18 h, 23 h, 42 h, 68 h ili 94 h.

G. Böhner, M. Säcker: Entwicklung der Feuchteverteilung im.

#### Bild 4

Feuchteverlauf im Kern- und Splintholz bei 2 Fichtenbohlen (d = 45mm) nach elektrisch in 5. 10 und 22,5 mm Tiefe gemessenen Feuchtewerten, sowie die mittleren Feuchtegehalte ugl der Teilproben nach den einzelnen Trocknungszeiten. Development of moisture content in heartwood and sapwood of 2 boards of sprucewood after electrical measured moisture content in 5.10 and 22,5 mm depth and the moisture content  $u_{91}$ of parts of the specimen after different drying times. • Raspodjela sadržaja vode u bjeljici i srži dviju smrekovih piljenica (d = 45 mm) na osnovi električnih mjerenja na dubinama od 5, 10 i 22,5 mm, kao i srednji sadržaj vode u<sub>or</sub> dijelova proba nakon različitih trajanja sušenja.



Kernholzbereich deutlich anders. Besonders ist dies bei Versuch 2 ausgeprägt, wo die Kern- Splintholz-Grenze auf Grund der Jahrringstruktur den Querschnitt für die meßtechnische Erfassung der beiden Zonen besser unterteilt als bei Versuch 1. Hier erreicht die Feuchte in der Randschicht des Splintholzes (5 mm) schon bald die Beträge der dem Kernholz zugeordneten Meßlage, aber in 10 bzw. 22,5 mm Meßtiefe bleibt der Unterschied gegenüber der Kernholzzone über eine längere Versuchszeit erhalten.

#### 4. DISKUSSION 4. Diskusija (Discussion)

Die allgemein vermutete schnelle Trocknung des Splintholzes ist nicht in allen Holzschichten gegeben. Da Trocknungsprogramme in der Regel die Trocknung ab Feuchtebeträgen von weniger als 30% verschärfen, würde auch eine Trocknung, je nach Lage der Meßelektroden, unterschiedlich gesteuert werden. Die Steuerung nach Meßwerten aus dem Kernholzbereich würde, besonders für das Splintholz, zu einer wesentlich schärferen Trocknung führen, als eine, die auf Meßwerten aus dem Splintholzbereich beruht. Bei der Trocknung von relativ frischem Holz muß daher der Anordnung der Elektroden für die elektrische Feuchtemessung, nach denen die Trocknung geführt wird, bezüglich des Splint / Kernholz verhältnisse besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden. Je weiter die Elektroden bei Brettern mit hohem Splintholzanteil, der bei frischem Holz gut sichtbar ist, in der Splintzone eingebracht werden, umso schonender würde getrocknet. Erst in der Endphase der Trocknung ist ein Ausgleich der Feuchteunterschiede zwischen beiden Holzzonen zu erwarten.

Dieses unterschiedliche Trocknungsverhalten von Splint- und Kernholz könnte auch ein Grund dafür sein, wenn innerhalb einer Trocknungscharge die Endfeuchten der Bretter weit streuen, wenn Trocknungszeiten vergleichbarer Trocknungschargen stark differieren, oder wenn ein Stapel über längere Zeit keinen wesentlichen Trocknungsfortgang<sup>1</sup> erkennen läßt.

Eingeschränkt wird jedoch die Bedeutung des Splintholzes für die Trocknung dadurch, daß dessen Anteil, je nach Ein schnittart, innerhalb eines Brettes meist gegenüber dem Kernholz gering ist. Seine Lage in der Schräg verlaufenden Außenzone des Stammes bzw. des Brettes oder der Farbrunterschied gegenüber dem Kernholz verweisen das Splintholz zudem oft in die Kategorie "Restholz".

#### LITERATUR Literatura (Literature)

- Keylwerth, R.; Noack, D. 1964. Die Kammertrocknung von Schnittholz. Holz Roh Werkstoff 22, 29-36.
- Wagner, L.; Glos, P.; Schulz H. 1989. Trocknen von Holz. In: Kröll, K.; Kasr, W.: Trocknungstechnik Bd 3: Trocknen und Trockner in der Produktion. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, Tokio. 632 S.

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Über Fasersättigung ist die elektrische Feuchtemessung unbefriedigend und wenig differenzierend, denn über weite Feuchtebereiche wird ein annähernd gleichbleibender Betrag angezeigt.