

**Das Verhalten des Holzes während der Trocknung
im hochfrequenten Wechselfeld**

VON DER
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN
HOCHSCHULE IN ZÜRICH

ZUR ERLANGUNG
DER WÜRDE EINES DOKTORS DER
TECHNISCHEN WISSENSCHAFTEN

GENEHMIGTE
PROMOTIONSARBEIT

VORGELEGT VON
JEAN VODOZ, dipl. Forstingenieur
von La Tour de Peilz

Referent: Herr Prof. Dr. A. Frey-Wyssling

Korreferent: Herr P.D. Dr. H. H. Bosshard



Kat.

fläche diffundieren. Wahrscheinlich wird der innere Diffusionswiderstand der Tanne zudem noch durch die angeblich irreversible Verklebung der Tori der Hoftüpfel erhöht.

Zusammenfassung

Das Ziel dieser Arbeit war die Untersuchung des Einflusses der Orientierung und der Struktur des Holzes auf die Trocknung im hochfrequenten Wechselfeld. Die Ermittlung der dielektrischen Eigenschaften der Hölzer durch Messung der Dielektrizitätskonstanten und des Verlustwinkels führt nur bei Holzfeuchtigkeiten von etwa 0 bis 20% zu guten Ergebnissen. Es wurde daher ein Verfahren entwickelt, das es ermöglicht, durch die Bestimmung der Temperatur, der Gewichtsabnahme und des inneren Dampfdruckes die Erwärmungsgeschwindigkeit von Proben beliebiger Anfangsfeuchtigkeit zu berechnen. Durch Vergleich der Erwärmungsgeschwindigkeiten der einzelnen Proben konnten verschiedene Gesetzmäßigkeiten im Verhalten des Holzes im hochfrequenten Wechselfeld erkannt werden. Es wurde dabei unterschieden zwischen gedarrtem und feuchtem Holz und zwischen der Erwärmungs- und der Trocknungsperiode.

Erwärmungsperiode

Darrtrockenes Holz

Faserrichtung: Verlaufen die Feldlinien parallel zur Faser (axial), so ist die Wärmeaufnahme stets größer, als wenn sie quer zur Faser verlaufen (transversal).

$$\perp : \parallel \simeq 1,8 : 1$$

Jahrringstellung: Bei den vier untersuchten Holzarten ist die Wärmeaufnahme bei radial verlaufenden Feldlinien stets etwas größer als bei tangential verlaufenden Feldlinien.

$$\perp_{\text{rad}} : \perp_{\text{tg}} \simeq 1,1 : 1$$

Feuchtes Holz

Im Feuchtigkeitsbereich von 0 bis rd. 20% besteht eine direkte und lineare Beziehung zwischen der Wärmeaufnahme des Holzes und seiner Feuchtigkeit. Der beim gedarrten Holz erkannte Einfluß der Faserrichtung und der Jahrringstellung bleibt bestehen.

Im Feuchtigkeitsbereich von rd. 20% bis über die Fasersättigung wird das Verhalten des Holzes im HF-Feld durch die bis zur Fasersättigung sehr rasch ansteigende elektrische Leitfähigkeit des Holzes bestimmt.

Die Wärmeaufnahme bei axialer und radialer Feldlinienrichtung steigt bei zunehmender Ausgangsfeuchtigkeit des Holzes sehr stark an, während diese Zunahme bei tangentialer Richtung der Feldlinien viel geringer ist und allmählicher erfolgt. Die anisotrope Wärmeaufnahme wurde der erhöhten elektrischen Leitfähigkeit des Holzes in der Faserrichtung und den Markstrahlen in radialer Richtung zugeschrieben.

Zerstreut- und Ringporigkeit: Bei der Eiche als ringporige Holzart ist der Unterschied zwischen der Wärmeaufnahme bei radial oder tangential verlaufenden Feldlinien größer als bei den zerstreutporigen Holzarten Buche und Ahorn sowie bei der Tanne.

Trocknungsperiode

Die durchlässigen Holzarten wie Buche (ohne Rotkern) und Ahorn verhalten sich während der Trocknungsperiode gleich wie während der Erwärmungsperiode. Das Verhalten der undurchlässigen Holzarten (Buchenrotkern, Eiche) wird während der Trocknungsperiode durch den inneren Diffusionswiderstand, den der austretende Dampf

überwinden muß, beeinflusst. Der dadurch entstehende Innendruck wird bei der Eiche und dem Buchenrotkern der Verstopfung der Gefäße durch Thyllen zugeschrieben. Der bei der Tanne gemessene Innendruck wird durch die anatomische Struktur der Nadelhölzer erklärt.

Summary

The aim of this study was to investigate the influence of the orientation and the structure of wood on drying with radio-frequency. The determination of the dielectric properties of wood types by measuring the dielectric constants and the loss angle gives reliable results for wood with about 0...20% moisture content. A method was therefore developed which makes it possible to calculate the heating rate of specimens of any desired initial moisture content by determining the temperature, the weight loss and the internal steam pressure.

By comparing the heating rates of the various specimens, some rules governing the behaviour of the wood in a radio-frequency field could be ascertained. A distinction was made between kiln-dried and humid wood, and between the heating and the drying period.

Schrifttum

1. Benson, H. P.: Variation in the Porosity of Twelve Species of Oak, South. Lumb. Reprint March 15, 1942. —
2. Birjukov, W. A.: Holzkammertrocknung im elektrischen Hochfrequenzfeld, Verlag Goslesbumizdat 1950. —
3. Buchmann, S. J., H. Schmitz, u. R. A. Gortner: A Study of Certain Factors Influencing the Movement of Liquide in Wood, J. Physic. Chem. Bd. 39 (1935) S. 102. —
4. Burr, H. K., u. A. D. Stamm: Diffusion in Wood. J. Physic. Colloid Chem. Bd. 51 (1947) S. 240/261. —
5. Dänzer, H.: Über das Verhalten biologischer Körper im Hochfrequenzfeld. Ann. d. Physik 5. Folge Bd. 20 (1934) S. 463/480. —
6. Ebes, K.: Vorming von Thyllen in Geveld Beukenhout, Diss. Wageningen 1937. —
7. Fessel, F.: Hochfrequenzrocknung von Laubhölzern. Versuchsergebnisse. Holz als Roh- und Werkstoff Bd. 10 (1952) H. 6, S. 280/283. —
8. Fessel, K.: Die praktische Durchführung der Holzrocknung im hochfrequenten elektrischen Kondensatorfeld in verschiedenen Ländern. Holz als Roh- und Werkstoff Bd. 14 (1956) H. 2, S. 41/47. —
9. Frey-Wyssling, A.: The Fine Structure of Cellulose Microfibrils. Science Bd. 119 (1954) S. 80/82. —
10. Frey-Wyssling, A.: On the Crystal Structure of Cellulose I. Biochim. Biophysica Acta Bd. 18 (1955) S. 166/168. —
11. Hafner, Th.: Energiebedarf bei der Hochfrequenzrocknung von nichtleitenden Stoffen. Brown Boveri Mitt. Bd. 28 (1951) S. 344/345. —
12. Hamada, R., T. Maku, u. S. Kadita: Wood Drying by Radio-Heating. Bull. Wood Res. Inst. Kyoto Univers. Bd. 8 (1952) S. 44/54. —
13. Hartmann-Dick: Untersuchungen über die Durchlässigkeit des Holzes bei Druckfiltration. I. Durchlässigkeit für Wasser. Forstwiss. Zbl. Jg. 73 (1954) H. 1/2, S. 40/63. —
14. Harmon, R. F. S.: The High-Frequency Electrical Properties of Wood and Wood-Resin Combinations. Selected Government Res. Rep. Bd. 8 (1952) S. 52/60. —
15. Harmon, R. F. S., u. I. N. Burcham: The Dielectric Properties of Wood. For. Prod. Res. London 1954, Nr. 8, S. 1/19. —
16. Huber, B.: Die physiologische Bedeutung der Ring- und Zerstreuporigkeit. Sonderabdr. aus: Ber. Dtsch. Bot. Ges. Bd. 53 (1935) H. 8. —
17. Inose, O., u. O. Takechi: Analysis on the Fundamental Properties of Electric Resistance of Wood. Scient. Rep. Matsuyama Agric. College 1951 Nr. 6, S. 1/22. —
18. Ishag, S. M.: High-Frequency Drying of Wood. For. Prod. Labor. Rep. Nr. R 1681 Madison/Wisconsin (1947). —
19. Keywerth, R., u. D. Noack: Über den Einfluß höherer Temperaturen auf die elektrische Holzfeuchtigkeitsmessung nach dem Widerstandsprinzip. Holz als Roh- und Werkstoff Bd. 14 (1956) H. 5, S. 162/172. —
20. Kirch, E.: Verluste in technischen Isolierstoffen. E. Z. 1932 H. 39, S. 931/932; H. 40, S. 958/961; H. 42, S. 1007/1010 u. 1021/1022. —
21. Koljo, B.: Über die Mechanik der Flüssigkeitsbewegung bei der Holzimprägnierung. Svenska Träforskningsinst. Mitt. 25 B, (1951). —
22. Koljo, B.: Die Abhängigkeit der Tränkmittel-aufnahme des Holzes von verschiedenen Faktoren unter besonderer Berücksichtigung von Kiefer und Fichte. Holz als Roh- und Werkstoff Bd. 11 (1953) H. 8, S. 303/311. —
23. Kollmann, F.: Untersuchungen über die Ursachen von Schäden bei der Trocknung von grünem Eichenholz. Zugleich: