

Thermische Modifizierung von Buche und Pappel mittels Paraffin

Róbert Németh, Miklós Bak, Diána Csordós

In diesem Beitrag werden Ergebnisse einer thermischen Behandlung von zwei, für die europäische Holzindustrie wichtigen Holzarten – Buche (*Fagus sylvatica*) und Pappel (*Populus euramericana* cv. *Pannónia*) – im Paraffinwachsbad dargestellt. Untersucht wurden wichtige Eigenschaften, wie Wasseraufnahmekapazität, Dimensionsstabilität, Ausgleichsfeuchten und Geschwindigkeit der Wasserdampfaufnahme. Die thermische Behandlung im Paraffinwachsbad hat die Dimensionsstabilität des Holzes signifikant verbessert. Die Ausgleichsfeuchten von hitzebehandelten Hölzern waren bei allen Luftfeuchten niedriger und sie waren zu jedem Zeitpunkt niedriger während des Feuchteaufnahme Prozesses. Dadurch war die Geschwindigkeit der Wasserdampfaufnahme niedriger.

Schlüsselwörter: Hitzebehandlung, Paraffinwachs, Dimensionsstabilität, Sorption, Ausgleichsfeuchte, Wasserdampfaufnahme

Einleitung

Holz ist ein ökologisch vertretbarer Rohstoff für Bauzwecke, Möbel und ein Material für diverse Gebrauchsgegenstände. Holz ist ein poröser Feststoff, der mit seiner kapillaren Struktur und seinen Poren in Nanogröße in der Zellwand Wasser aufnehmen und abgeben kann (Yanjun et al., 2011). Die Änderung des Wassergehaltes unter der sog. Fasersättigungsfeuchte (ca. 30 %) verursacht das Quellen bzw. das Schwinden des Holzes (Niemz, 1993). Im Innenraum bei mäßigen Klimaschwankungen und mit optimaler Oberflächenbehandlung (Diffusionsbarriere) kommt es nicht zu extremen Differenzen der Holzfeuchte, jedoch der Typ der angewandten Behandlung beeinflusst den Diffusionskoeffizienten und dadurch die Feuchteabgabe und -aufnahme bemerkenswert (Grüll und Illy, 2012). Damit ist Formstabilität garantiert und holzerstörende Pilze finden auch ihre Lebensbedingungen nicht vor. So kann man Hölzer mit niedriger Dauerhaftigkeit in trockenen, geheizten Innenräumen naturbelassen einsetzen, z. B. Buche oder Pappel (nicht dauerhaft – Dauerhaftigkeitsklasse 5 nach DIN EN 350-2 (1994)) in Gebrauchsklasse 1 (DIN EN 335, 1995-2006).

In Einbausituationen, wo das Holz der Witterung oder sogar Erdkontakt und Salzwasser ausgesetzt ist (Gebrauchsklassen 3-5 nach DIN EN 335 (1995-2006)), kommen nur entsprechend dauerhafte Hölzer zum Einsatz oder das Holz muss geschützt werden (traditioneller chemischer Holzschutz und/oder Tränkung mit ölhaltigem Kreosot). Die chemischen Wirkstoffe der

Holzschutzmittel werden öfters kritisiert und immer offensiver eingeschränkt (Ghosh et al., 2008 und 2009; Pfeffer et al., 2012). Industrie und Wissenschaft suchen deshalb nach neuen, ökologisch positiv bewerteten Holzschutzlösungen.

Eine gute, inzwischen bewährte Alternative bieten die verschiedenen thermischen Behandlungen des Holzes. Einer der ersten Versuche zeigte (Tiemann, 1920), dass durch Hochtemperaturtrocknung die Dimensionsstabilität erhöht werden kann. Gezielte Forschung führte zu industriereifen Technologien in Europa (ThermoWood[®], Plato[®]WOOD, Retification, Menz OHT[®], Firstwood[®] usw.). Die meisten Produkte weisen eine erhöhte Resistenz gegenüber holzerstörenden Pilzen auf.

Pfriem et al. (2007) haben gezeigt, dass thermisch behandeltes Holz weniger Wasser aufnimmt und die Diffusionskoeffizienten auch niedriger sind. Die Sorptionsisothermen von thermisch behandeltem und unbehandeltem Holz wurden auch von Militz (2002) untersucht, mit dem Ergebnis, dass sich zwar die absolute Höhe ändert, aber die Hysterese unverändert bleibt.

Paraffin wird häufig bei der Konservierung von historischen Holzfunden angewandt (Timar et al., 2010 und 2011) und teilweise als Trocknungsmedium bei der Schnittholztrocknung eingesetzt (Grothe et al., 2010).

Zu der Trocknung, Tränkung oder thermischen Behandlung des Holzes im heißen Paraffinbad gibt es zahlreiche Patente,

doch wenige Veröffentlichungen über wissenschaftliche Experimente. Der wasserabweisende Effekt von Paraffinen auf Holz wurde von *Garai et al.* (2005) untersucht. Die Autoren haben mehrere Paraffine betrachtet und festgestellt, dass der Kontaktwinkel und dessen Änderung mit der Zeit an der Holzoberfläche vom Molekulargewicht des Paraffins beeinflusst werden. Eine weitere wichtige Feststellung war die starke Wasserabweisung der mit Paraffin behandelten Oberflächen. Die Untersuchungen zeigten, dass stereochemische Konfiguration der Hydrokarbone einen Einfluss auf den Kontaktwinkel hat. Die Ergebnisse weisen auf die Wichtigkeit der chemisch-physikalischen Eigenschaften des angewandten Paraffins hin.

In diesem Beitrag werden Ergebnisse einer thermischen Behandlung in Paraffinwachsbad dargestellt. Untersucht wurden wichtige Eigenschaften, wie Wasseraufnahmekapazität, Dimensionsstabilität, Ausgleichsfeuchten und Geschwindigkeit der Wasserdampfaufnahme. Untersucht wurden zwei, für die europäische Holzindustrie wichtige Holzarten: Buche (*Fagus sylvatica*) und Pappel (*Populus euramericana cv. Pannónia*). Über wichtige Eigenschaften und Modifizierung des Buchenholzes bzw. Wertschöpfung von Buche haben *Hapla und Militz* (2008) sowie *Hansmann et al.* (2009) geschrieben. *Molnár und Bariska* (2002) referierten über das Holz der Pappel bzw. die Bedeutung der Pappelwirtschaft.

Material und Methode

Paraffine

Zu den Versuchen wurde ein handelsübliches Paraffin der Firma MOL AG gewählt (raffiniertes Paraffin nach MSZ 13245/1-87 – 12:19). Paraffine werden aus Masut durch ein Raffinierungsverfahren hergestellt. Der Erstarrungspunkt des hier genutzten Paraffins betrug 50-52 °C.

Hitzebehandlung

Buche (*Fagus sylvatica*) und Pappel (*Populus euramericana cv. Pannónia*) wurden im Paraffinwachsbad hitzebehandelt. Die Dimension des behandelten Materials war 18 × 40 × 220 mm³. Das Paraffinwachsbad hat den Sauerstoff bei den Verfahren ausgeschlossen. Zwei verschiedene Temperaturen wurden eingesetzt (160 °C und 200 °C) mit drei verschiedene Behandlungsdauern (2 h, 4 h und 6 h). Davon ausgehend wurden sechs verschiedene Behandlungen durchgeführt. Die Ausgangsfeuchte des behandelten Holzes war 12 ± 1 %. Das Holz wurde direkt ins Paraffinwachsbad eingetaucht. Nach der Behandlung wurden die Probekörpern bei normalem Klima gelagert (T = 20 °C, φ = 65 %). Unbehandeltes, getrocknetes Holz wurde als Kontrolle benutzt.

Dimensionsstabilität (ASE)

Zur Bestimmung der Quellung und Dimensionsstabilität wurden Probekörper mit der Dimension 40 × 18 × 15 mm³ (radial × tangential × longitudinal) benutzt. Diese wurden aus den hitzebehandelten Hölzern geschnitten. Bei allen Behandlungsschemata wurden 20 Probekörpern untersucht und 20 Stücke dienten als Kontrolle. Die Prüfkörper wurden bei 105 °C bis konstantem Gewicht getrocknet und die radialen

und tangentialen Abmessungen bestimmt. Zuletzt wurden die Probekörpern für sieben Tage unter Wasser getaucht und die radialen und tangentialen Abmessungen wieder ermittelt.

Gl. 1 zeigt die Bestimmungsgleichung des Schwellens und Gl. 2 die der Dimensionsstabilität:

$$S_{r,t} = \frac{l_u - l_0}{l_u} \cdot 100 [\%] \quad (1)$$

$$ASE_{r,t} = \frac{S_{0,r,t} - S_{HB,r,t}}{S_{0,r,t}} \cdot 100 [\%] \quad (2)$$

Dabei sind:

$S_{r,t}$ – Schwellen in radialer oder tangentialer Richtung [%],

l_u – Nasse Längenabmessung [mm],

l_0 – Absoluttrockene Längenabmessung [mm],

$S_{0,r,t}$ – Schwellen des unbehandelten Holzes in radialer oder tangentialer Richtung [%],

$S_{HB,r,t}$ – Schwellen des unbehandelten Holzes in radialer oder tangentialer Richtung [%].

Geschwindigkeit der Wasserdampfaufnahme

Zur Bestimmung von Geschwindigkeit der Wasserdampfaufnahme dienten Probekörper mit der Dimension 40 × 18 × 15 mm³ (radial × tangential × longitudinal). Diese wurden aus den hitzebehandelten Hölzern geschnitten. Bei allen Behandlungsschemata wurden 20 Probekörper untersucht und 20 Stücke dienten als Kontrolle. Die Prüfkörper wurden bei 105 °C bis Gewichtkonstanz getrocknet und die Massen bestimmt. Zuletzt wurden die Probekörper bei normalem Klima gelagert (T = 20 °C, φ = 65 %) und die Massen an bestimmten Zeitpunkten (nach 2 h, 4 h, 6 h, 8 h, 24 h, 50 h, 72 h, 120 h, 145 h, 175 h und 195 h) immer wieder bestimmt.

Ergebnisse

Dimensionsstabilität (ASE)

Die Dimensionsstabilität des behandelten Holzes wurde sowohl in tangentialer als auch in radialer Richtung bedeutend verbessert (siehe Abb. 1 und Abb. 2). Sogar das mildeste Behandlungsschema (160 °C/ 2 h) führte zur Verbesserung. In radialer Richtung betrug die Abnahme der Quellung bei Buche und Pappel ebenfalls 6 %. In tangentialer Richtung erreichten die Werte bei Buche 16 % und bei Pappel 9 %. Die längste Behandlung bei 160 °C führte in radialer Richtung bei Buche zu 26 %, bei Pappel zu 13 % Abnahme der Quellung. In tangentialer Richtung nahm die Quellung bei Buche um 30 % und bei Pappel um 32 % ab. Wie erwartet zeigten sich die bei 200 °C durchgeführten Behandlungen wirkungsvoller. In diesen Fall hat schon die Behandlungsdauer von zwei Stunden zu einer Abnahme der radialen Quellung von 35 % und 41 % des tangentialen Wertes bei Buche geführt. Bei Pappel ergaben sich ASE von 14 % (radial) und 40 % (tangential). Für beide Holzarten lieferten die Behandlungen bei Temperaturen von 200 °C und sechs Stunden Behandlungszeit die besten Ergebnisse bzw. die höchsten ASE-Werte. Dieses Behandlungsschema hat bei Buche zu einer Abnahme der Quellung geführt,

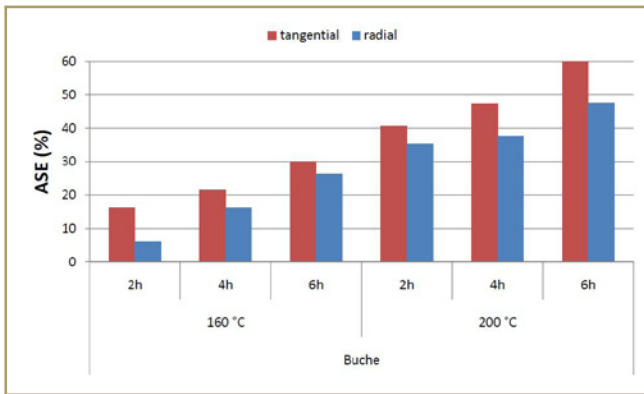


Abb. 1: Dimensionsstabilisierung (ASE) von Buche (gerechnet aus maximaler Quellung)

Fig. 1: Dimensional stability of beech (counted from maximum swelling)

welche in radialer Richtung 47 % und in tangentialer Richtung 61 % betrug. Bei Pappel war die Abnahme der Quellung 28 % in radialer und 45 % in tangentialer Richtung. zwei Stunden Behandlungsdauer bei 200 °C hat zu besserer Dimensionsstabilität geführt als sechs Stunden Behandlungsdauer bei 160 °C. Dieses Ergebnis weist darauf hin, dass die Temperatur der Behandlung ein wichtigerer Faktor ist, als die Behandlungsdauer. Das gleiche Ergebnis haben einige Autoren (Rezayati et al., 2007; Akyildiz et al., 2009) schon bei anderen Holzarten ermittelt.

Entsprechend früheren Ergebnissen (Militz, 2002; Esteves et al., 2007 und 2008) war die Abnahme der Quellung (ASE) bei allen untersuchten Holzarten und Behandlungsdauern in tangentialer Richtung höher als in radialer Richtung. Die tangentielle Quellung nahm bei den zwei untersuchten Holzarten annähernd gleichermaßen ab, wobei die radiale Quellung von Pappel wesentlich weniger abnahm als die von Buche. Das bedeutet, dass die Quellungsanisotropie von Buche mehr abnimmt, aber sie verschwindet nicht vollständig. Diese Beobachtung entspricht den früheren Ergebnissen von Popper et

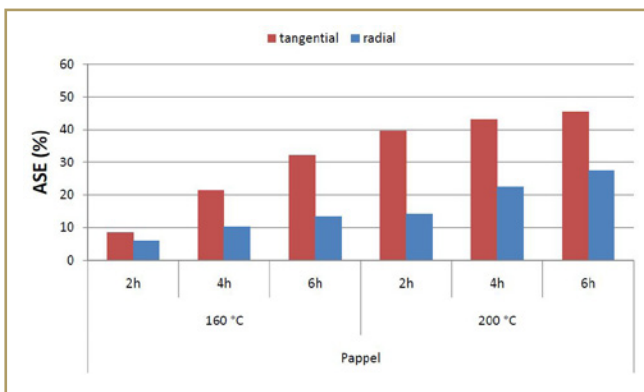


Abb. 2: Dimensionsstabilisierung (ASE) von Pappel (gerechnet aus maximaler Quellung)

Fig. 2: Dimensional stability of poplar (counted from maximum swelling)

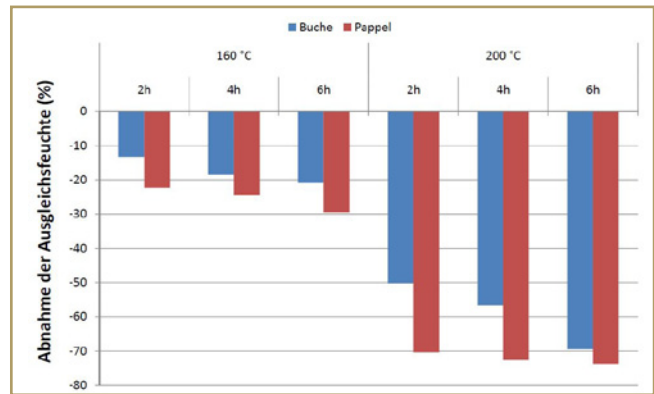


Abb. 3: Abnahme von Ausgleichsfeuchten bei Normalklima (T = 20 °C; φ = 65 %)

Fig. 3: Decrease in EMC at normal climate (T = 20 °C; φ = 65 %)

al. (2005). Die erhöhte Dimensionsstabilität ist hauptsächlich der Hitzebehandlung zuzuschreiben und einigermaßen dem Hydrophobierungseffekt des Paraffins.

Ausgleichsfeuchte

Die Ausgleichsfeuchte nahm ebenfalls deutlich ab, als Folge der Hitzebehandlung. Sie ist natürlich in engem Zusammenhang mit der Verbesserung der Dimensionsstabilität zu sehen. Die Erhöhung von Temperatur und Dauer führt zur Reduzierung der Ausgleichsfeuchte bei Normalklima (T = 20 °C; φ = 65 %). Wie bei der Dimensionsstabilität (ASE) beobachtet werden konnte, ist die Temperatur ein wichtigerer Faktor, als die Dauer (siehe Abb. 3). Die Ausgleichsfeuchte von Pappel nahm mehr ab als die von Buche. Dieses Ergebnis zeigt die Bedeutung der Holzart bei der Hitzebehandlung und kann mit einer erhöhten Paraffinaufnahme bei Pappel erklärt werden. In den Versuchen konnte man nur Eindringtiefen des Paraffins von bis zu 1-2 mm beobachten. Dank der größeren Porosität des Pappelholzes bedeutet das mehr Gewichtsaufnahme.

Sorptionseigenschaften

Die Sorptionsisothermen zeigen die gleiche Tendenz, wie die Ausgleichsfeuchte bei Normalklima. Die Ausgleichsfeuchten von hitzebehandelten Holzproben sind bei allen Luftfeuchten niedriger als die von unbehandelten. Die Erhöhung von Temperatur und Dauer führt zu Reduzierung des Feuchtegehaltes. Es ist eindeutig, dass die Isothermen bei gleichen Behandlungsschemata bei Pappel niedriger verlaufen als bei Buche (siehe Abb. 4 und Abb. 5). Die Differenz zwischen den Isothermen von behandeltem und unbehandeltem Holz ist bei Pappel größer. Dementsprechend reduziert die Hitzebehandlung den Feuchtegehalt des Holzes wirksamer bei Pappel.

Wasserdampfaufnahme

Bei Normalklima (T = 20 °C; φ = 65 %) war der Feuchtegehalt des hitzebehandelten Holzes zu jedem Zeitpunkt niedriger als der von unbehandeltem Holz. Die niedrigsten Feuchtegehalte wurden bei den mit 200 °C behandelten Holzproben beobachtet. Die Wasserdampfaufnahme bis Ausgleichsfeuchte läuft

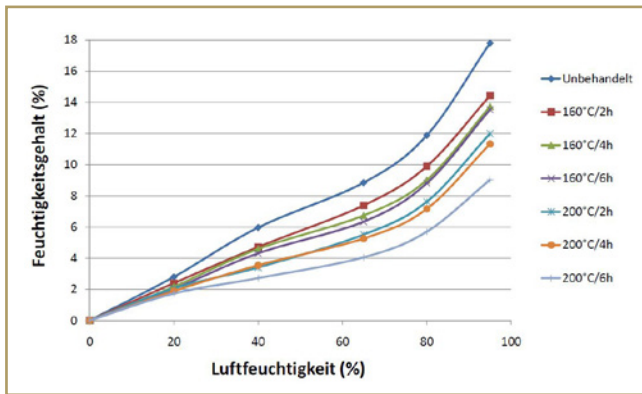


Abb. 4: Sorptionsisothermen von Buche (T = 20 °C)

Fig. 4: Sorption isotherms of beech (T = 20 °C)

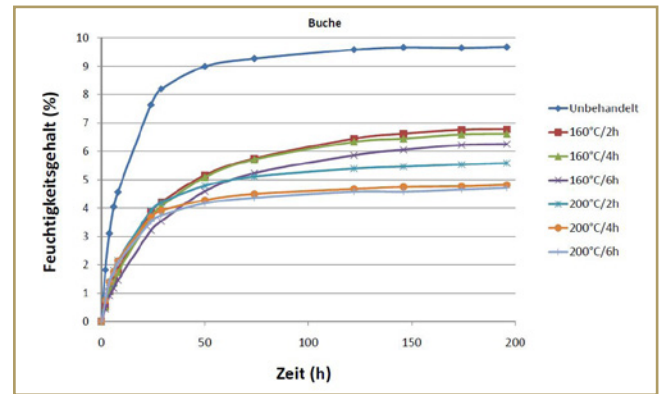


Abb. 6: Wasserdampfaufnahme von Buche bei normalem Klima (T = 20 °C; φ = 65 %)

Fig. 6: Moisture uptake of beech as a function of time (T = 20 °C; φ = 65 %)

auf der Zeitskala bei unbehandelten und hitzebehandeltem Holz ähnlich ab. Doch während unbehandeltes Holz schon in 50 Stunden den Großteil des möglichen Feuchtegehalts aufnimmt, trifft das bei hitzebehandeltem Holz erst nach 100 Stunden zu (siehe Abb. 6 und Abb. 7). Entsprechend früheren Ergebnissen (Pfriem et al., 2007) bedeutet das hier auch, dass die Geschwindigkeit der Wasserdampfaufnahme abgenommen hat, weil hitzebehandelte Holzproben weniger Wasserdampf während des gleichen Zeitraumes aufnehmen können. Unbehandeltes Holz hat die Ausgleichsfeuchte in etwa 100 Stunden erreicht. Dagegen ist dies bei hitzebehandelten Hölzern erst nach etwa 200 Stunden der Fall. Die Geschwindigkeit der Wasserdampfaufnahme nahm also um die Hälfte ab als Konsequenz der Hitzebehandlung. Diese Eigenschaft ist von großer Bedeutung bei mäßigen Klimaschwankungen in Einbausituationen, wo das Holz Nässe oder der Witterung ausgesetzt ist (z. B. bei Fenstern, Lärmschutzwänden, Gartenmöbeln).

Die Abnahme der Geschwindigkeit der Wasserdampfaufnahme ist auch in den einzelnen Zeitabschnitten während der Untersuchungen gut erkennbar (siehe Abb. 8 und Abb. 9). Die Geschwindigkeit der Wasserdampfaufnahme war in den ersten vier Stunden maximal. In dieser Periode hat der Feuchtegehalt bei unbehandelter Buche um 0,78 % und bei

hitzebehandelter Buche um 0,23-0,35 % pro Stunde zugenommen. Der Feuchtegehalt hat bei unbehandelter Pappel um 1,05 % und bei hitzebehandelter Pappel um 0,20-0,35 % pro Stunde zugenommen. In dieser Periode war die unterschiedliche Wirkung der Behandlungstemperaturen gut erkennbar. Ein interessantes Phänomen war, dass die höhere Temperatur bei beiden Holzarten höhere Wasserdampfaufnahmen verursachte. Bereits in der zweiten 4 h-Periode hat die Wasserdampfaufnahme bei behandelter und unbehandelter Buche erheblich abgenommen. Jedoch haben einige hitzebehandelte Pappelholzer mehr Feuchte aufgenommen als in der erster Periode. Jedoch im Allgemeinen war eine milde Verminderung erkennbar. Die Differenz zwischen nativem und behandeltem Holz hat sich verringert. Grund dafür ist, dass das unbehandelte Holz wesentlich schneller Feuchte aufnehmen kann und den größten Teil seiner Wasserspeicherkapazität ausgelastet hat. Aber Wasserdampf kann in hitzebehandeltes Holz schwerer eindringen wegen der dünnen Paraffinschicht auf der Oberfläche. In dieser Periode war die unterschiedliche Wirkung der Behandlungstemperaturen ebenfalls gut erkennbar. Die Ge-

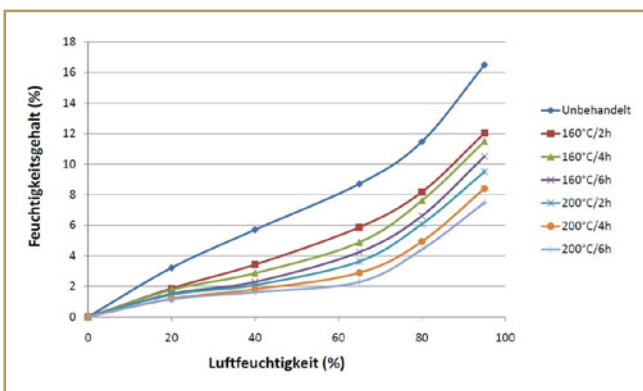


Abb. 5: Sorptionsisothermen von Pappel (T = 20 °C)

Fig. 5: Sorption isotherms of poplar (T = 20 °C)

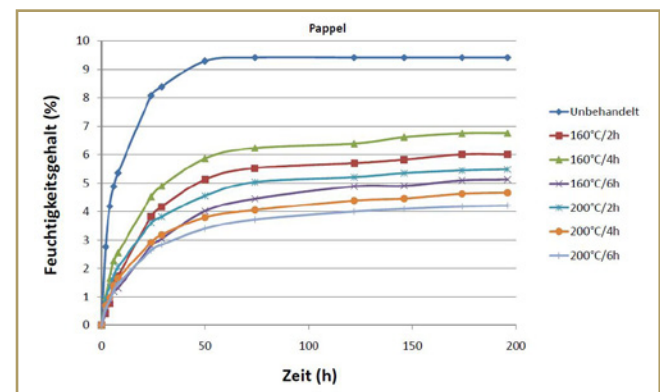


Abb. 7: Wasserdampfaufnahme von Pappel bei normalem Klima (T = 20 °C; φ = 65 %)

Fig. 7: Moisture uptake of poplar as a function of time (T = 20 °C; φ = 65 %)

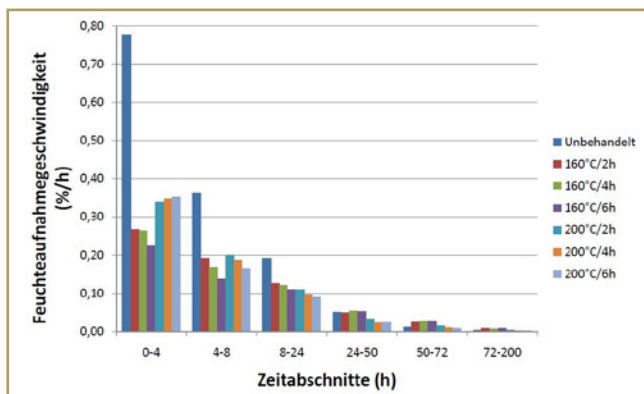


Abb. 8: Feuchtaufnahmegeschwindigkeit von Buche bei Normalklima ($T = 20\text{ °C}$; $\varphi = 65\%$)

Fig. 8: Moisture uptake rate of beech at normal climate ($T = 20\text{ °C}$; $\varphi = 65\%$)

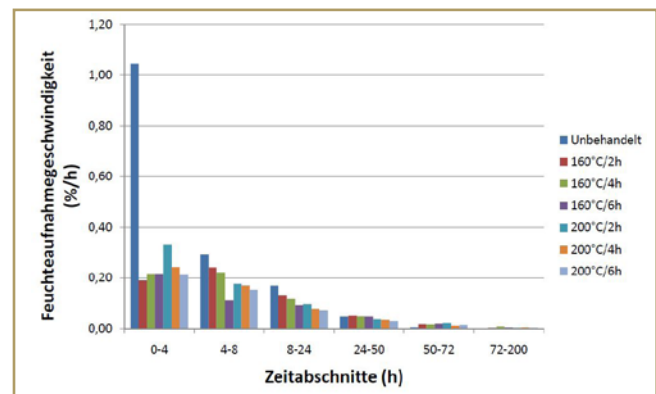


Abb. 9: Feuchtaufnahmegeschwindigkeit von Pappel bei Normalklima ($T = 20\text{ °C}$; $\varphi = 65\%$)

Fig. 9: Moisture uptake rate of poplar at normal climate ($T = 20\text{ °C}$; $\varphi = 65\%$)

geschwindigkeit der Wasserdampfaufnahme hat in den nächsten 16 Stunden weiterhin nachgelassen, nämlich nahm sie etwa um die Hälfte ab. In dieser Phase war keine große Differenz zwischen den Behandlungstemperaturen zu erkennen, jedoch war die höhere Temperatur deutlich mit niedrigerer Feuchtaufnahme verbunden. In den nächsten 26 Stunden hat das native und das bei 160 °C behandelte Holz in gleichem Maße Feuchte aufgenommen. Die Wasserdampfaufnahme der Hölzer, die bei 200 °C behandelt wurden, war langsamer. Im restlichen Zeitraum war die Feuchtaufnahme minimal, aber weiterhin war die höhere Behandlungstemperatur mit niedrigerer Feuchtaufnahme verbunden.

Diese Ergebnisse weisen eindeutig darauf hin, dass in kürzeren Zeitintervallen die Intensität der Wasserdampfaufnahme von hitzebehandeltem Holz wesentlich niedriger ist als die von nativem Holz. Jedoch muss in Betracht gezogen werden, dass die chemischen Prozesse, die sich im Holz während der Behandlungsprozesse abspielen, die Zahl der für Wasser zugänglichen Sorptionsstellen reduzieren. Das bedeutet, dass die Wasserspeicherkapazität von Holz sich vermindert. Das Phänomen, dass hitzebehandelte Hölzer etwa die doppelte Zeit benötigen, um die Sättigung zu erreichen, kann zum Teil mit der dünnen Paraffinschicht auf der Oberfläche erklärt werden. Eine weitere Erklärung ist, dass der thermodynamische Gleichgewichtszustand des hitzebehandelten Holzes während des Absorptionsprozesses sich kontinuierlich ändert, was die Zugänglichkeit weiterer Sorptionsstellen stufenweise gewährleistet.

Zusammenfassung

Die thermische Behandlung im Paraffinwachsbad hat die Dimensionsstabilität des Holzes signifikant verbessert. Zwei Stunden Behandlungsdauer bei 200 °C hat zu einer besseren Dimensionsstabilität geführt als sechs Stunden Behandlungsdauer bei 160 °C. Die Hitzebehandlung hatte verschiedene Wirkung auf die tangentielle und die radiale Quellung. Die tangentielle Quellung nahm mehr ab, jedoch konnte die Quellungenisotropie nicht eliminiert werden. Die Ausgleichsfeuchten von hitzebehandelten Hölzern waren

bei allen Luftfeuchten niedriger. Dem zu verdanken war die Geschwindigkeit der Wasserdampfaufnahme durchweg niedriger. Die Intensität der Wasserdampfaufnahme war maximal in der Anfangsperiode. Danach nahm sie allmählich ab, aber sie blieb bis zur Ausgleichsfeuchte bei hitzebehandelten Hölzern niedriger.

Die Hitzebehandlung vermindert tatsächlich die Geschwindigkeit der Wasserdampfaufnahme, weil behandeltes Holz die Ausgleichsfeuchte in etwa doppelter Zeit erreicht. Dieses Ergebnis weist darauf hin, dass die Reduzierung der Intensität der Wasserdampfaufnahme, neben der Verringerung der Wasserspeicherkapazität von Holz, auch die dünne Paraffinschicht auf der Oberfläche verursacht hat. Es weist weiterhin auf die ständige Veränderung des thermodynamischen Gleichgewichtszustandes des hitzebehandelten Holzes hin, was bedeutet, dass als Auswirkung der Wasserdampfaufnahme im Holz weitere Sorptionsstellen entstehen.

Literatur

Akyildiz MH, Ates S, Özdemir H (2009) Technological and chemical properties of heat-treated Anatolian black pine wood. *African Journal of Biotechnology* 8 (11): 2565-2572

DIN EN 335 (1995-2006) Dauerhaftigkeit von Holz und Holzprodukten – Definition der Gebrauchsklassen (Teil 1-3)

DIN EN 350-2 (1994) Dauerhaftigkeit von Holz und Holzprodukten – Natürliche Dauerhaftigkeit von Vollholz – Teil 2: Leitfaden für die natürliche Dauerhaftigkeit und Tränkbarkeit von ausgewählten Holzarten von besonderer Bedeutung in Europa

Esteves B, Domingos L, Pereira H (2008) Pine wood modification by heat treatment in air. *BioResources* 3 (1): 142-154

Esteves B, Vêlez Marques A, Domingos L, Pereira H (2007) Influence of steam heating on the properties of pine (*Pinus pinaster*) and eucalypt (*Eucalyptus globulus*) wood. *Wood Science and Technology* 41 (2): 193-207

- Garai RM, Sanchez IC, Garcia RT, Valverde MAR, Rodriguez Vilchez MAC, Alvarez RH (2005) Study on the Effect of Raw Material Composition on Water-Repellent Capacity of Paraffin Wax Emulsions. *Wood Journal of Dispersion Science and Technology* 26 (9): 18
- Ghosh SC, Militz H, Mai C (2009) Natural weathering of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) boards modified with functionalised commercial silicone emulsions. *BioResources* 4 (2): 659-673
- Ghosh SC, Militz H, Mai C (2008) Decay resistance of treated wood with functionalised commercial silicones. *BioResources* 3 (4): 1303-1314
- Grothe N, Terziev N, Råberg U (2010) Drying of Wood in Oil Under Vacuum. In: *Proceedings of the International IUFRO Wood Drying Conference 2010*, S. 249-264
- Grüll G, Illy A, Kopitschek T (2012) Diffusionsverhalten von Öl/Wachs-Systemen auf Fertigparkettböden. *holztechnologie* 53 (2): 31-34
- Hansmann C, Stingl R, Teischinger A (2009) Inquiry in beech wood processing industry concerning red heartwood. *Wood Res.* 54 (3): 1-12
- Hapla F, Militz H (2008) Verwertung und Verwendung von Buchenholz – Beiträge aus der NW-FVA. *Universitätsverlag Göttingen*, S. 311-325
- Militz H (2002) Heat treatment of wood: European processes and their background. In: *International Research Group on Wood Preservation, IRG/WP 02-40241*
- Molnár S, Bariska M (2002) Magyarország ipari fái – Wood Species of Hungary. *Szaktudás Kiadó Ház, Budapest*
- Niemz P (1993) *Physik des Holzes und der Holzwerkstoffe*. DRW-Verlag, Leinfelden-Echterdingen
- Pfeffer A, Hoegger PJ, Kües U, Militz H (2012) Fungal colonisation of outside weathered modified wood. *Wood Science and Technology* 46: 63-72
- Pfriem A, Grothe T, Wagenführ A (2007) Einfluss der thermischen Modifikation auf das stationäre Sorptionsverhalten von Fichte (*Picea abies* (L.) Karst.). *Holz als Roh- und Werkstoff* 65 (4): 321-323
- Popper R, Niemz P, Eberle G (2005) Untersuchungen zum Sorptions- und Quellungsverhalten von thermisch behandeltem Holz. *Holz als Roh- und Werkstoff* 63 (2): 135-148
- Rezayati Charani P, Mohammadi Rovshandeh J, Mohebbi B, Ramezani O (2007) Influence of hydrothermal treatment on the dimensional stability of beech wood. *Caspian Journal of Environmental Sciences* 5 (2): 125-131
- Tiemann H (1920) Effect of different methods of drying on the strength and hygroscopicity of wood. In: 3rd Ed. *The kiln drying of lumber – Kap. 11*. J. P. Lippincott & Co., Philadelphia, Pennsylvania
- Timar MC, Tuduce TA, Porojan M, Lidia G (2010) An investigation of consolidants penetration in wood – Part 1: General methodology and microscopy. *Pro Ligno* 6 (4): 13-27
- Timar MC, Tuduce TA, Palachia S, Croitoru C (2011) An investigation of consolidants penetration in wood – Part 2: FTIR spectroscopy. *Pro Ligno* 7 (1): 25-38
- Yanjun X, Hill CAS, Zefang X, Mai C, Militz H (2011) Dynamic water vapour sorption properties of wood treated with glutaraldehyde. *Wood Science and Technology* 45 (1): 49-61

Autoren

Dr. habil. Róbert Németh, geb. 1971, studierte an der Westungarischen Universität (damals Universität Sopron) Holzwissenschaften und promovierte dort 2003. Seit 1996 ist er wissenschaftlicher Mitarbeiter, seit 1999 Assistent, seit 2001 Oberassistent und seit 2003 Dozent an der Fakultät für Holzwissenschaften in Sopron. 2010 habilitierte er an der Westungarischen Universität. Seit 2011 leitet er das Institut für Holzwissenschaften, Westungarische Universität, Bajcsy-Zsilinszky u. 4, H-Sopron 9400, Ungarn. Seine Fachgebiete sind Holzkunde, Holzanatomie, Holznutzung, Holzphysik und Holzmodifizierung.
nemethr@fmk.nyme.hu

Miklós Bak studierte Holzwirtschaft an der Westungarische Universität in Sopron und ist seit 2007 PhD-Student am Institut für Holzwissenschaften. Schwerpunkt seine Arbeit sind die Holzmodifikation mit Öl-Hitze-Behandlung, Untersuchungen zu den mechanischen Eigenschaften, zu Farbveränderungen, zur Dauerhaftigkeit und zu den Wasseraufnahmeeigenschaften.

M.Sc. Diána Csordós ist Absolventin und Doktorantin der Westungarischen Universität Sopron.

ABSTRACT

Thermal modification of beech and poplar in paraffin

*In this study a thermal treatment of two important wood species in European wood industry – beech (*Fagus sylvatica*) and poplar (*Populus euramericana* cv. Pannónia), in paraffin were analysed. Important properties, like moisture uptake capacity, dimensional stability, equilibrium moisture content and moisture uptake rate were investigated. Heat treatment in paraffin improved the dimensional stability of wood significantly. Equilibrium moisture content of heat treated wood was lower compared to natural wood by all humidities. Due to that, moisture uptake rate was lower by heat treated wood during the whole absorption process.*

Keywords: Heat treatment, paraffin, dimensional stability, sorption, equilibrium moisture content, moisture uptake rate