

Quillt weniger und ist gleichmässig dunkler gefärbt

# Thermisch vergütetes Nadelholz

Aufbauend auf der im Teil Laubholz beschriebenen Methodik (vgl. «WALD und HOLZ» 4/07, Seite 37ff.) wird im vorliegenden Teil der Arbeit<sup>1</sup> über Untersuchungen an ausgewählten Nadelhölzern berichtet. Dabei wurden Fichte, Douglasie und Kiefer (Föhre) (für letztere Splint- und Kernholz getrennt betrachtet) geprüft. Die Versuchsmethodik wurde im ersten Teil der Arbeit ausführlich beschrieben.

Nadelholz wird heute in den Bergregionen vielfach als Ersatz von Altholz eingesetzt. Dabei wird die Oberfläche teilweise zusätzlich behauen und gebürstet. Bei Behandlung in Stickstoffatmosphäre

F. Bächle und P. Niemz<sup>2</sup>

ergibt sich ein leicht bräunlicher Ton, wie er von über viele Jahre natürlich gealtertem Nadelholz (Fichte, Kiefer) bekannt ist. **Abbildung 1** zeigt ein solches Beispiel.

Durch zusätzliches Bürsten und/oder Behauen lässt sich der Alterungseffekt noch verstärken. Beim ebenfalls dazu verwendeten Dämpfen ist der Ton meist eher etwas im Graubereich.

**Abbildung 2** zeigt Thermoholz im Aussenbereich. Der Braunton ist allerdings nicht farbstabil; beim Ausseneinsatz kommt es je nach Konstruktion relativ schnell zu einer Vergraugung. Auch beim Einsatz im Inneren ist der Vergraugungseffekt je nach Oberflächenbehandlung zu beachten und er hängt auch vom Beschichtungsmaterial ab (siehe Oelhafen, Niemz, Hurst [2006]).

## Unsere Versuche

Als Versuchsmaterial dienten Fichte, Douglasie und Kiefer. Bei Douglasie und Kiefer wurde zusätzlich das Holz nach Splint und Kern getrennt.

<sup>1</sup> «Untersuchungen zu ausgewählten Eigenschaften von im Autoklav industriell thermisch vergütetem Nadelholz.» Die Arbeiten wurden vom Schweizerischen Fonds zur Förderung der Wald- und Holzforschung gefördert.

<sup>2</sup> F. Bächle, Forstingenieur ETH, und Prof. Dr. P. Niemz, ETH Zürich, Institut für Baustoffe, Arbeitsgruppe Holzphysik.



Abbildung 1: Einsatz von wärmebehandeltem Holz im Innenausbau.

Fotos: Fa. Balz Holz AG



Abbildung 2: Haus mit Fassade aus thermisch vergütetem Holz, zwei Jahre nach Erstellung.

Das Holz wurde industriell nach der von Giebler (1981) beschriebenen Methode im Autoklav in Stickstoffatmosphäre wärmebehandelt. Dabei wurde unbehandeltes Holz (Stufe 0) und in zwei Stufen (Stufe 2 und 3) mit unterschiedlicher Intensität behandeltes Holz geprüft. Die Behandlungsintensität steigt mit der Behandlungsstufe an. Das Holz wird mit zunehmender Behandlungsintensität dunkler. Die Behandlungsstufen unterscheiden sich in den Prozess-Parametern

Umgebungsdruck, Restsauerstoffgehalt, Temperatur und Zeitdauer. Gleichzeitig wurden aus den jeweiligen Holz-Chargen auch unbehandelte Bretter als Referenzproben geprüft.

Die Messungen erfolgten grösstenteils an Biegestäben nach DIN 52186 mit den Abmessungen 20 320 3400 mm (radial 3 tangential 3 längs). Die Proben wurden bis zum Erreichen der Gleichgewichtsfeuchte im Normklima (20°C/65 % relative Luftfeuchte) klimatisiert.

Holzart	Rohdichte (g/cm <sup>3</sup> )	Biegefestigkeit (N/mm <sup>2</sup> )	Dehnung bei Fmax. (%)	Biege-E-Modul Zwick (N/mm <sup>2</sup> )	Brinell-Härte HbE (N/mm <sup>2</sup> ) tangential	Brinell-Härte HbE (N/mm <sup>2</sup> ) radial	Holzfeuchte (%)
Fichte unbehandelt	0,462	90,6	1,26	12200	19,5	15,8	11,0
Fichte Stufe 2	0,481	63,7	0,64	13120	17,6	14,3	9,3
Kiefer Kern unbeh.	0,552	87,4	1,28	12140	16,6	19,8	12,6
Kiefer Kern Stufe 2	0,543	68,0	0,73	12510	16,4	21,0	9,4
Kiefer Kern Stufe 3	0,516	57,2	0,59	12540	14,1	17,2	6,9
Douglasie Kern unbeh.	0,484	75,6	0,99	11300	20,3	22,1	12,9
Douglasie Kern Stufe 2	0,477	73,1	1	12180	11,8	17,3	9,7
Douglasie Kern Stufe 3	0,466	67,5	0,79	12170	11,7	13,8	7,2

Tabelle 1: Zusammenstellung der Eigenschaften der geprüften Holzarten. Mittelwerte. Prüfung im Normklima bei 20 °C/65% relative Luftfeuchte.

## Versuchsergebnisse

Tabelle 1 zeigt eine Zusammenstellung der Versuchsergebnisse.

**Normalrohddichte:** Tendenziell sinkt die Dichte durch die Wärmebehandlung leicht ab, was sich mit Ergebnissen aus Laborversuchen deckt (Tab. 2). Eine eindeutige Tendenz hinsichtlich des Einflusses der Behandlungsintensität ist aber nicht erkennbar. Auch hier muss berücksichtigt werden, dass aus versuchstechnischen Gründen nicht unmittelbar im Stamm nebeneinanderliegende Bretter betrachtet werden konnten, so dass möglicherweise gewisse Dichteunterschiede vor der Behandlung bestanden.

**E-Modul und Biegefestigkeit** aus statischem Biegeversuch: Für die Douglasie und Kiefer zeigen sich sowohl für Kern als auch Splintholz keinerlei gleichmässige Tendenzen, ebenso für die Fichte. Es ist lediglich erkennbar, dass eine thermische Behandlung bei der Kiefer nicht grosse Auswirkungen auf die erreichten Werte hat, sie liegen alle im selben Grössenbereich. Bei der Douglasie ist für den Kern eine leichte Zunahme und für den Splint eine Abnahme des Biege-E-Moduls zu verzeichnen. Bei der Fichte nehmen die Werte sogar leicht zu. Bezüglich Biegefestigkeiten zeigt sich bei Douglasie und Kiefer eine einheitliche Abnahme der Werte, dies jedoch im geringeren Masse als bei den Laubhölzern. Bei Laubhölzern lag die Festigkeitsreduzierung bei ca. 50 bis 60%.

**Brinell-Härte:** Bei den geprüften Nadelhölzern zeigt sich wie bei den Laubhölzern mit zunehmender Behandlungsintensität ein Abfall der Brinell-Härte (Tab. 1).

**Gleichgewichtsfeuchte und Quellung (Tab. 2, Abb. 3):** Es zeigen sich deutliche Unterschiede beim Quellverhalten, welche auf die thermische Behandlung zurückzuführen sind. In Abbildung 3 wer-

den die Zustände «unbehandelt», «Stufe 2» und «Stufe 3» am Beispiel der Kiefer dargestellt. Die Holzfeuchte wurde um bis zu 40% verringert. Tabelle 2 zeigt die Quellung für Kiefer, Douglasie und Fichte. Die Quellung in tangentialer und radialer Richtung wird um bis zu 50% gesenkt. Die Quellungsanisotropie bleibt aber auch nach der thermischen Behandlung bestehen. Analog zur Gleichgewichtsfeuchte reduziert sich die Quellung deutlich. Die Unterschiede zwischen Kern- und Splintholz bei Douglasie und Kiefer sind hinsichtlich Gleichgewichtsfeuchte und Quellung gering. Bei der Quellung wurden daher nur die Werte des Kernholzes angegeben.

**pH-Wert:** Der pH-Wert sinkt mit zunehmender Behandlungsintensität ab.

**Farbkennwerte:** Durch die Wärmebehandlung wird eine Farbhomogenisierung erreicht. Abbildung 4 zeigt wärmebehandeltes Kiefernholz im Vergleich zu unbehandeltem Kiefer. Das Holz wird je nach Behandlungsintensität leicht bis dunkel braun.

**Wärmeleitfähigkeit:** Tabelle 4 zeigt die Wärmeleitfähigkeit von unbehandeltem und

Holzart/Behandlungsstufe	Quellung tangential	Quellung radial
DG K 0	5,9%	2,2%
DG K 2	4,6%	2,9%
DG K 3	3,8%	1,7%
Ki K 0	6,3%	2,9%
Ki K 2	4,8%	2,8%
Ki K 3	3,4%	1,4%
Fi 0	7,1%	4,0%
Fi 2	3,9%	2,5%

Tabelle 2: Quellung radial und tangential für Douglasie DG (Kernholz = K), Kiefer Ki (Kernholz = K) und Fichte Fi in Abhängigkeit von der Behandlungsstufe (Mittelwerte), bei 20 °C und 93% relativer Luftfeuchte.

behandeltem Fichtenholz bei variabler Schnittrichtung. Die Wärmeleitfähigkeit sinkt bedingt durch die Dichte und Feuchteänderung leicht ab.

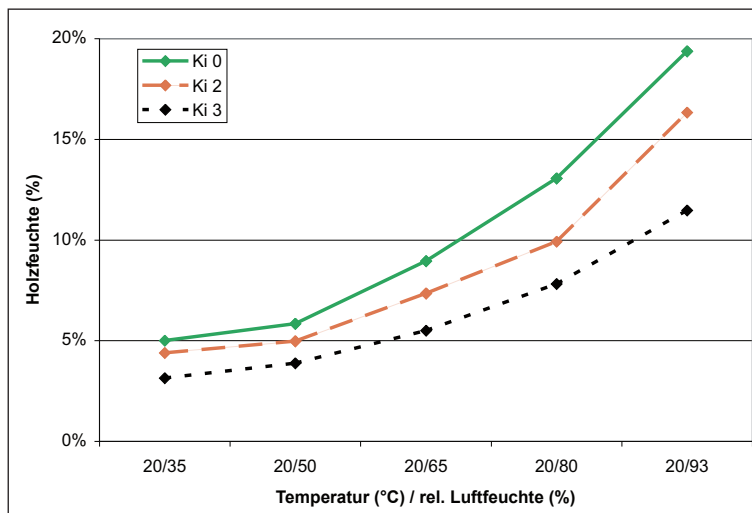


Abbildung 3: Gleichgewichtsfeuchte für thermisch behandeltes Kiefernholz bei Variation der Holzfeuchte.

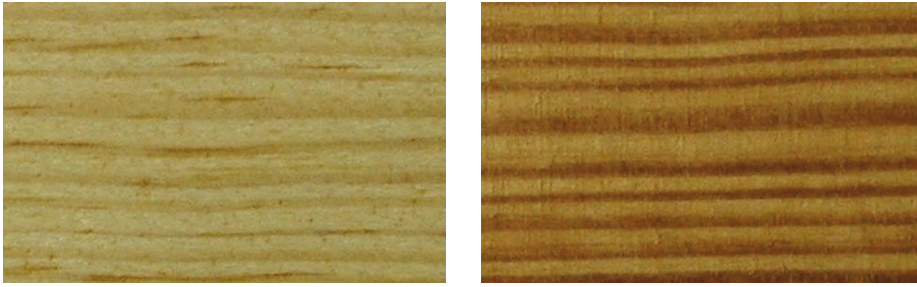


Abbildung 4: Links unbehandelte Kiefer, rechts thermisch behandelte Kiefer der Stufe 2.

### Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Durch die thermische Behandlung wird das untersuchte Nadelholz deutlich dunkler. Die Farbe kann über die Intensität der Behandlung (Druck, Temperatur, Zeit, Sauer-

stoffgehalt) in einem weiten Bereich variiert werden. Zwischen Kern und Splintholz wird weitgehend eine Farbgleichheit erreicht. Die Gleichgewichtsfeuchte und die Quellung sinken um 50 bis 60 % der des unbehandelten Holzes. Die Schallgeschwindigkeit zeigt keine klare Tendenz. Der E-Modul

	Holzfeuchte (%)	Dichte (kg/m <sup>3</sup> )	10°C (W/m·K)
unbehandelt	11,7	390	0,091
wärmebehandelt	8,1	378	0,079

Tabelle 4: Wärmeleitfähigkeit des geprüften Holzes.

sinkt mit zunehmender Behandlungsintensität ab. Die Biegefestigkeit wird deutlich reduziert, der Abfall ist aber geringer als bei Laubholz.

Der pH-Wert sinkt durch die Wärmebehandlung ab, der Anteil an Hemizellulose sinkt deutlich, der Zelluloseanteil bleibt konstant.

### Literaturverzeichnis

E. Giebler (1981): Dimensionsstabilisierung von Holz durch Feuchte/Wärme/Druck-Behandlung. Holz als Roh- und Werkstoff, 39, S. 87–94.

K. Junghans, P. Niemz: Behandlungsintensität bestimmt Thermoholzqualität. Holz-Zentralblatt, Stuttgart (2006) 14, S. 412.

M. Oelhafen, P. Niemz, A. Hurst: Untersuchungen zur thermischen Vergütung von Esche und Rotbuche mit dem Ziel der Farbänderung. Teil 1: Vorversuche, physikalische Eigenschaften. Holztechnologie, München 47 (2006) 2, S. 25–31.

M. Oelhafen, P. Niemz, A. Hurst: Untersuchungen zur thermischen Vergütung von Esche und Rotbuche mit dem Ziel der Farbänderung. Teil 2: Optische Eigenschaften. Holztechnologie, München 47 (2006) 3, S. 20–24.

E. Roffael, G. Kossatz (1981): pH-Wert und Pufferkapazität des Holzes. Untersuchungsbericht U682/81. Fraunhofer Institut für Holzforschung.