

Kennwerte von Thermoholz

# Wertschöpfung frisch aus dem Ofen

Das Institut für Baustoffe an der ETH-Zürich untersuchte ausgewählte Eigenschaften von industriell wärmebehandeltem Laub- und Nadelholz. Die wichtigsten Ergebnisse:

Die thermische Modifikation von Holz hat in den letzten Jahren an Bedeutung gewonnen. Bei der Wärmebehandlung mit Temperaturen zwischen 170 bis über 200°C wird die Farbe des Holzes deutlich dunkler, die Gleichgewichtsfeuchte und die Quellung sinken und die mechanischen Eigenschaften gehen stark zurück, während die Pilzresistenz steigt. Je intensiver die Behandlung, desto dunkler wird das Holz. Bei der thermischen Vergütung wird durch die Wärmezufuhr die Holzstruktur auf chemischer Ebene verändert. Das bewirkt je nach Behandlungsparametern eine verschieden stark ausgeprägte Änderung der physikalischen und physikalisch-chemischen Eigenschaften des Holzes.

## Mechanische Kennwerte ermittelt

Innerhalb eines Projektes an der ETH Zürich wurden physikalische und mechanische Eigenschaften von industriell wärmebehandeltem Holz der Firma Balz

Holz AG, Langnau im Emmental, untersucht. Geprüft wurde Holz mit stark differenzierter Behandlungsintensität (Stufen II und III) sowie unbehandeltes Holz (Stufe 0). Dabei wurden die Laubhölzer Ahorn, Buche und Esche, sowie die Nadelhölzer Fichte, Douglasie und Föhre beobachtet. Letzteres nach Splint- und Kernholz getrennt.

Das Holz wurde nach der von Giebler (1981) beschriebenen Methode im Autoklav in Stickstoffatmosphäre wärmebehandelt. Die Behandlungsintensität stieg dabei mit der Behandlungsstufe an (0; II und III). Die Stufen unterschieden sich in den Prozess-Parametern Umgebungsdruck, Restsauerstoffgehalt, Temperatur und Zeitdauer.

## Die Ergebnisse beim Laubholz

Die Dichte nimmt mit steigender Intensität der Behandlung tendenziell ab. Dies ist auf die thermische Zersetzung des Holzes aber auch auf die reduzierte



**Mit zunehmender Behandlungsstärke (oben: Stufe 0; Mitte: II, unten: III) wurde das Holz der Rotbuche deutlich dunkler.**

Gleichgewichtsfeuchte zurückzuführen. Bei der Buche betrug die Abnahme bei Material der Stufe III gegenüber dem unbehandeltem Zustand rund 11%.

Beim Biege-E-Modul nahmen die Werte für Ahorn und Buche ab, während sie für Esche zunahmen. Es war dabei nicht immer ein gleichmässiger Verlauf von «unbehandelt nach Stufe II und Stufe III» festzustellen.

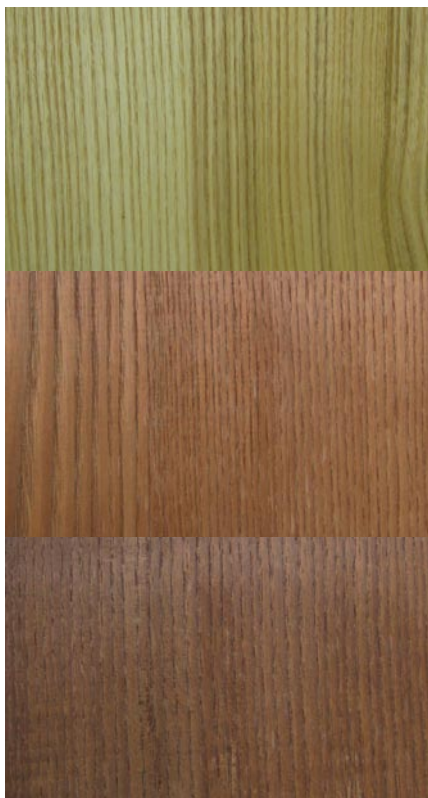
Die Biegefestigkeit nahm bei steigender Behandlungsstufe deutlich ab. Lediglich bei der Esche war bei der Behandlungsstufe II kein wesentlicher Festigkeitsverlust zu verzeichnen. Das Bruchbild wurde mit zunehmender Behandlungsintensität deutlich spröder. Bei den Laubhölzern lag die Festigkeitsreduzierung etwa bei 50–60%.

Die Brinell-Härte nahm radial und tangential bei zunehmender Behandlungsstärke ab (bei Buche zwischen 50 und 60%).

Es zeigten sich deutliche Unterschiede im Sorptionsverhalten und in der Quellung zwischen den einzelnen Behandlungsstufen. Mit zunehmender Intensität des Thermopozesses gingen Gleichgewichtsfeuchte und Quellung



**Die Härte von thermisch behandeltem Laubholz nimmt mit der Behandlungsintensität ab. Ebenso die Quellung und Gleichgewichtsfeuchte.**



**Farbunterschiede vom Kern- und Splintbereich gleichen sich an. Hier Proben von Eschenholz mit Braunkern.**

zurück. Diese Unterschiede waren deutlicher ausgeprägt als die Veränderungen der mechanischen Eigenschaften. Die Holzfeuchte wurde durch die Wärmebehandlung um bis zu 50% verringert. Die Quellung in tangentialer und radialer Richtung wurde im Vergleich zum unbehandelten Holz um bis zu 60% gesenkt. Das richtungsabhängige Verhalten (Anisotropie) der Quellung blieb aber auch nach der Thermobehandlung bestehen.

Der pH-Wert ging zurück. Eine klare Tendenz der Behandlungsintensität war jedoch nicht erkennbar. Beim extraktarmen Ahorn sank der arttypische Wert von etwa 5,3 auf 3,9 ab.

Mit zunehmender Behandlungsstärke wurden die Proben deutlich dunkler. Lag ein fakultativer Farbkern vor (Rotkern bei Buche) oder (Braunkern bei Esche), wurden diese Farbdifferenzen durch die Wärmebehandlung beseitigt. Die bei der Behandlung in Sauerstoffatmosphäre in früheren Untersuchungen festgestellte Bildung eines hellen Streifens in der Übergangszone zum Farbkern trat bei Behandlung in Stickstoffatmosphäre nicht auf.

Bedingt durch den geringeren Wassergehalt und die niedrigere Rohdichte, sank auch die Wärmeleitfähigkeit vom untersuchten Material ab.

### Die Ergebnisse beim Nadelholz

Die Dichte des Nadelholzes nahm durch die Wärmebehandlung leicht ab, was sich mit Ergebnissen aus Laborversuchen deckt. Eine eindeutige Tendenz hinsichtlich des Einflusses der Behandlungsintensität war jedoch nicht erkennbar.

E-Modul und Biegefestigkeit aus statischem Biegeversuch: Für die Douglasie und Kiefer zeigten sich sowohl für Kern- als auch Splintholz keinerlei gleichmässige Tendenzen, ebenso für die Fichte. Es war lediglich erkennbar, dass eine thermische Behandlung bei der Kiefer keine grosse Auswirkungen auf die erreichten Werte hat, sie lagen 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 nahmen die Werte sogar leicht zu. Bezüglich Biegefestigkeiten zeigte sich bei Douglasie und Kiefer eine einheitliche Abnahme der Werte, dies jedoch in geringerem Masse als bei den Laubhölzern. Die Biegefestigkeit der Fichtenproben gingen bei der Stufe II dagegen wesentlich deutlicher, nämlich um etwa 30% zurück.

Bei den geprüften Nadelhölzern zeigte sich wie schon bei den Laubhölzern mit zunehmender Behandlungsintensität ein Abfall der Brinellhärte.

Deutliche Unterschiede gab es bei der Douglasie. Hier betrug der Rückgang des harten Kernholzes vom unbehandelten Zustand zur Stufe III etwa 37%.

Es zeigten sich deutliche Unterschiede beim Quellverhalten. Die Quellung in tangentialer und radialer Richtung wurde um bis zu 50% gesenkt. Die Quellungsanisotropie blieb aber auch nach der thermischen Behandlung bestehen. Analog zur Quellung reduzierte sich die Gleichgewichtsfeuchte um 50 bis 60%. Die Unterschiede zwischen Kern- und Splintholz bei Douglasie und Kiefer fielen hinsichtlich Gleichgewichtsfeuchte und Quellung gering aus. Die Holzfeuchte wurde um bis zu 40% verringert.

Der pH Wert nahm durch die Wärmebehandlung ab, der Anteil an Hemicellulose verringerte sich deutlich, der Zelluloseanteil blieb konstant. Die Schallgeschwindigkeit zeigte keine klare Tendenz.

Durch die thermische Behandlung wurde das untersuchte Nadelholz deutlich dunkler. Die Farbe kann über die Intensität der Behandlung (Druck, Temperatur, Zeit, Sauerstoffgehalt) in einem weiten Bereich variiert werden. Zwischen Kern und Splintholz wurde weitgehend eine Farbgleichheit erreicht.

Email-Adresse für detaillierte Auswertungen mit Tabellenübersichten und Literaturquellen: fbaechle@ethz.ch

*Fritz Bächle und Peter Niemz,  
ETH Zürich, Institut für Baustoffe,*



**Fassade aus thermisch vergütetem Holz, zwei Jahre nach der Erstellung. Die Farbe ist nicht UV-stabil, jedoch beständiger, als bei unbehandeltem Holz.**

FOTO: BALZ HOLZ AG