

Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse

Herausgeber: Schweizerischer Forstverein

Band: 156 (2005)

Heft: 2

Artikel: Untersuchungen zum Einfluss der thermischen Vorbehandlung auf das Sorptionsverhalten und ausgewählte mechanische Eigenschaften von Fichtenholz

Autor: Bächli, Fritz / Niemz, Peter

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1098028>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 02.05.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Untersuchungen zum Einfluss der thermischen Vorbehandlung auf das Sorptionsverhalten und ausgewählte mechanische Eigenschaften von Fichtenholz *(reviewed paper)*

FRITZ BÄCHLE UND PETER NIEMZ

Keywords: *Picea abies*; thermally modified timber; mechanical properties; moisture content; swelling. FDK 81 : 84

Abstract: A range of mechanical, physical and chemical properties were tested on spruce, which had been subjected to diverse thermal treatments. The results of the examination are presented in tables and graphic figures.

Abstract: An unterschiedlich thermisch vorbehandeltem Fichtenholz wurden ausgewählte mechanische, physikalische und chemische Eigenschaften geprüft. Die Ergebnisse werden tabellarisch und grafisch veranschaulicht.

1. Einleitung

Untersuchungen zur thermischen Vergütung von Holz wurden bereits in den 1940er Jahren durchgeführt. KOLLMANN & FENGEL (1965) stellten fest, dass das Schwindverhalten von Holz, welches in flüssigem Metall mit einer Temperatur von 120 bis 320 °C erwärmt wurde, deutlich herabgesetzt wird. KAMDEM *et al.* (2000) wiesen nach, dass durch die Wärmebehandlung Zucker verändert und möglicherweise auch toxische Produkte erzeugt werden. Auch der Einfluss der Trocknungstemperatur auf das Sorptionsverhalten ist bekannt. Durch die Wärmebehandlung werden insbesondere die Hemicellulosen modifiziert. Die Pilzresistenz steigt. Die Behandlung des Holzes in Pflanzenöl ist ein neues Verfahren der thermischen Behandlung (RAPP 2001). Dabei wird z.B. Rapsöl als Wärmeträger genutzt. Durch das Öl wird gleichzeitig die Sauerstoffzufuhr unterbunden. Zudem wird eine gewisse Hydrophobierung durch das Öl erreicht. Der Temperaturbereich der Behandlung liegt zwischen 180 bis 220 °C (MILITZ 2002). Dieses Verfahren wird industriell von der Firma Menz in Deutschland angewandt.

Eigene Untersuchungen zur Wärmebehandlung in Sauerstoffatmosphäre (BEKHTA & NIEMZ 2003, JUNGHANS 2003, NIEMZ *et al.* 2004) zeigten, dass ein deutlicher Einfluss der Behandlungsart und -intensität (Dauer, Temperatur, Holzfeuchte vor der Behandlung) vorliegt. Es kommt, insbesondere bei Anwesenheit von Sauerstoff, zu einem deutlichen Masseverlust, die Zellwanddicke wird reduziert. Gleichzeitig tritt eine Versprödung auf. Andererseits wurden teilweise bei relativ milder Behandlung mit dem ausschliesslichen Ziel einer Farbänderung sogar geringe Dichteerhöhungen (vermutlich durch Zellkollaps) festgestellt (z.B. PATZELT *et al.* 2002; RAPP 2001).

Durch die thermische Vergütung von Holz werden die Gleichgewichtsfeuchte sowie das Quell- und Schwindverhalten reduziert, die Beständigkeit gegenüber holzerstörenden Pilzen steigt an. Die Behandlung geht einher mit einer chemischen Modifizierung des Holzes, insbesondere die Hemicellulosen werden abgebaut. Je nach Behandlungsverfahren tritt eine Farbänderung ein, das Holz wird hell- bis dunkelbraun. Bei Behandlung in Sauerstoffatmosphäre ist eine dunkelbraune Farbe ausgeprägt, in Stickstoffatmosphäre ist diese eher hellbraun. Diese Farbgebung ist nicht UV-beständig. Durch Einwirkung von UV-Strahlung und durch Bewitterung vergraut die Oberfläche sehr schnell.

Da sich auch der pH-Wert verändert (meistens sinkt er deutlich) kommt es auch zur verstärkten Korrosion von Verbindungsmitteln (Abbildung 1).

Da in der Literatur dazu nur relativ wenige und teilweise widersprüchliche Angaben vorliegen, wurde Fichtenholz im Labor und unter Industriebedingungen mit zwei verschiedenen Methoden behandelt. Ausgewählte mechanische und

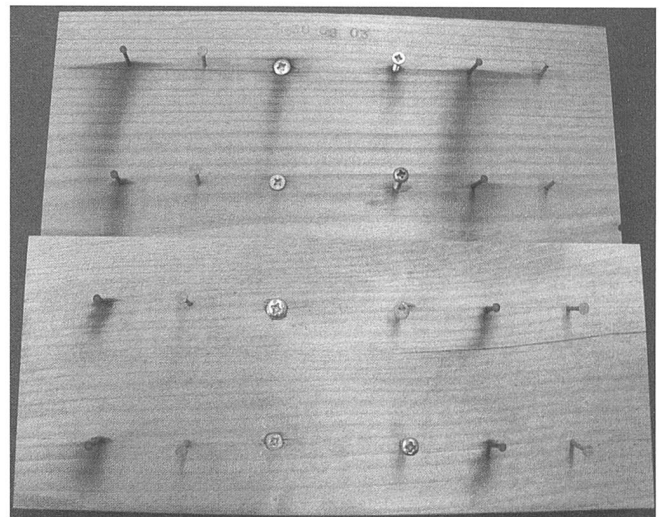


Abbildung 1: Verstärkte Korrosion von Verbindungsmitteln in wärmebehandeltem Holz (oben) im Vergleich zu unbehandeltem Holz (unten).

Figure 1: Major corrosion by nails and screws in heat treated timber (upper piece) and non-treated wood (lower piece).

physikalische Eigenschaften des vergüteten Holzes werden geprüft.¹ Die Ergebnisse zur Pilzresistenz sind in BÄCHLE & NIEMZ (2004) sowie BÄCHLE *et al.* (2004) dargestellt.

2. Material und Methoden

2.1 Versuchsmaterial

Als Versuchsmaterial diente Fichte (*Picea abies* (L.) Karsten). Es wurden folgende Standardprüfungen durchgeführt:

- Rohdichte nach DIN 52182,
- Quellung und Schwindung nach DIN 52184,
- Biegefestigkeit nach DIN 52186,
- Zugfestigkeit parallel zur Faserrichtung nach DIN 52188,
- Brinellhärte nach DIN 1534,
- Bruchschlagarbeit nach DIN 52189,
- Gleichgewichtsfeuchte nach DIN 52183.

Je Variante wurden 50 Probekörper geprüft. Alle Prüfungen erfolgten nach Klimatisierung im Normalklima bei 20 °C und 65% relativer Luftfeuchte.

¹ Die Arbeiten wurden im Rahmen der Aktion Cost E22 vom Bundesamt für Bildung und Wissenschaft (jetzt Staatssekretariat für Bildung und Forschung) gefördert: Vgl. Cost Action E22 – Environmental optimisation of wood protection: www.bfafh.de/cost22.htm (4. Februar 2005).

Tabelle 1: Mittlere Rohdichten der verschiedenen Behandlungsarten (bestimmt an Prüfkörpern der Pilzbehandlung).

\bar{x} = Mittelwert, s = Standardabweichung

Table 1: Gross density of the treated and non-treated wood (measured on specimens for fungi tests).

\bar{x} = mean, s = standard deviation

	n	Rohdichten [kg/m ³]	
		\bar{x}	s
Industriell unbehandelt	120	460	35
Industriell im Autoklav	120	410	25
Labor unbehandelt	120	475	70
Öl	120	445	60

2.2 Thermische Behandlungen

Folgende Behandlungsarten wurden geprüft:

- Labortechnische Behandlung in Rapsöl (24 h bei 200 °C),
- Industrielle Behandlung im Autoklav unter Stickstoffatmosphäre und Überdruck.

Die Prüfkörper wurden auf das entsprechend den aufgeführten Normen vorgesehene Format zugeschnitten und danach vergütet. Bei den Laborversuchen ist daher ein gewisser Einfluss des Probenformates, insbesondere bei der Dichtebestimmung durch das leichte Eindringen des Öls in die Poren (vor allem im Querschnitt) vorhanden. Die Behandlungsmethodik ist in BÄCHLE & NIEMZ (2004) beschrieben.

Bei der industriellen Behandlung im Autoklav wurden Bretter vergütet, aus denen anschliessend die Proben ausgeformt wurden. Dieses Material wurde aus der laufenden Produktion bereitgestellt. Die Temperatur betrug etwa 170 °C.

Die Holzfeuchte vor der Behandlung im Autoklav betrug 10%.

3. Versuchsergebnisse

3.1 Rohdichte

Zur Ermittlung der Rohdichteverteilung wurde diese zunächst an 120 Probekörpern aus Versuchen zur Prüfung der Pilzresistenz (BÄCHLE *et al.* 2004, BÄCHLE & NIEMZ 2004) bestimmt. Dabei wurden Probekörper im Format 50 mm x 25 mm x 15 mm pro Behandlungsart verwendet. *Tabelle 1* zeigt die Ergebnisse. Die Rohdichte der im Autoklav behandelten Proben sinkt deutlich ab. Zu berücksichtigen ist dabei auch die reduzierte Ausgleichsfeuchte des Holzes. Bei der Laborbehandlung in Rapsöl sinkt die Rohdichte, ausgenommen von den Quellungsproben, ebenfalls ab. Dabei ist aber zu beachten, dass bei diesen die Probendimension (50 mm (radial) x 50 mm (tangential) x 5 mm (längs)) sowie der sehr hohe Anteil der Hirnholzfläche an der Probenoberfläche eine entscheidende Rolle spielt. Auf der Querschnittsfläche lagerte sich sichtbar Öl ab. Bei diesen Proben stieg die Dichte deutlich an. Zusätzlich wurde bei ausgewählten Prüfungen die Dichte am Prüfkörper (Biegung, Quellung) bestimmt. Generell ist zu beachten, dass unterschiedliches Ausgangsmaterial für beide Behandlungsmethoden verwendet wurde. Dadurch ist ein direkter Vergleich beider Methoden nur bedingt möglich, da auch die Eigenschaften des unbehandelten Materials bei beiden Methoden variierten.

3.2 Biegebelastung

Die Ergebnisse sind in *Tabelle 2* und *Abbildung 2* dargestellt. Dabei zeigt sich, dass durch die Öl-Behandlung keine nen-

Tabelle 2: Statistische Kennzahlen für die Biegebelastung in Abhängigkeit von der Behandlungsart.

\bar{x} = Mittelwert, s = Standardabweichung

Table 2: Statistical values for bending tests of different thermally treated timber.

\bar{x} = mean, s = standard deviation

	n	Rohdichte		Biege-E-Modul		Biegefestigkeit		Holzfeuchte
		[kg/m ³]		[N/mm ²]		[N/mm ²]		
		\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	
Industriell unbehandelt	52	461	37	11 700	1500	89,3	12,5	10,4
Industriell im Autoklav	54	410	26	10 750	1170	46,7	18,8	7,4
Labor unbehandelt	23	446	58	13 750	2190	95,7	14,6	11,4
Öl	23	473	69	13 850	2250	90,0	29,3	6,1

Tabelle 3: Statistische Kennwerte der Bruchschlagversuche in Abhängigkeit von der Behandlungsart.

\bar{x} = Mittelwert, s = Standardabweichung

Table 3: Statistical values for impact bending strength of different thermally treated timber.

\bar{x} = mean, s = standard deviation

	n	Bruchschlagarbeit		Holzfeuchte
		[kJ/m ²]		
		\bar{x}	s	[%]
Industriell unbehandelt	58	34,7	9,7	11,6
Industriell im Autoklav	50	15,2	12,6	7,6
Labor unbehandelt	33	48,1	16,3	11,6
Öl	33	33,6	18,6	5,0

Tabelle 4: Statistische Kennwerte für die Zugbelastung parallel zur Faserrichtung in Abhängigkeit von der Behandlungsart.

\bar{x} = Mittelwert, s = Standardabweichung

Table 4: Statistical values for tensile stress of different thermally treated timber.

\bar{x} = mean, s = standard deviation

	n	Zug-E-Modul		Zugfestigkeit		Holzfeuchte
		[N/mm ²]		[N/mm ²]		
		\bar{x}	s	\bar{x}	s	[%]
Industriell unbehandelt	53	12 400	3670	81,2	17,2	11,1
Industriell im Autoklav	57	11 000	3200	39,6	23,4	7,2
Labor unbehandelt	57	15 760	7510	105,4	28,4	11,0
Öl	53	14 400	5500	59,7	22,9	6,0

nenswerte Reduzierung von E-Modul und Biegefestigkeit auftritt.

Beim industriell im Autoklav behandelten Holz kam es dagegen zu einer deutlichen Festigkeitsreduzierung, der E-Modul fiel dagegen nur leicht ab.

3.3 Bruchschlagarbeit

Tabelle 3 zeigt die Ergebnisse. Durch die Wärmebehandlung sinkt die Bruchschlagarbeit deutlich ab. Die Schädigung ist bei dynamischer Belastung deutlich höher als im statischen Biegeversuch. Wie bei der statischen Biegeprüfung liegen die

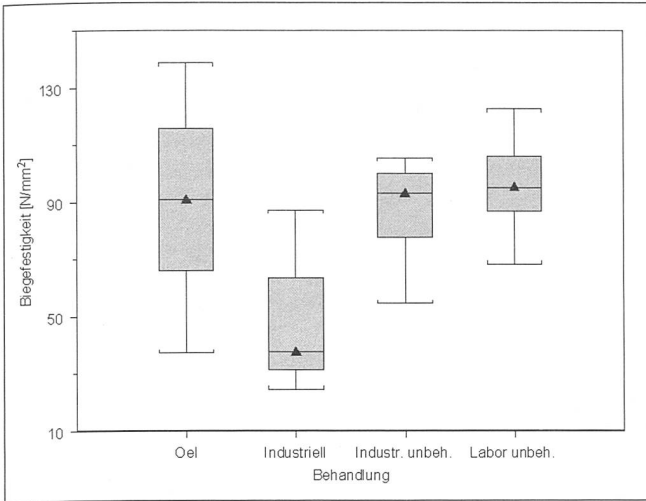


Abbildung 2: Biegefestigkeit in Abhängigkeit von der Methodik der Wärmebehandlung.

Figure 2: Bending strength according to different thermal treatments.

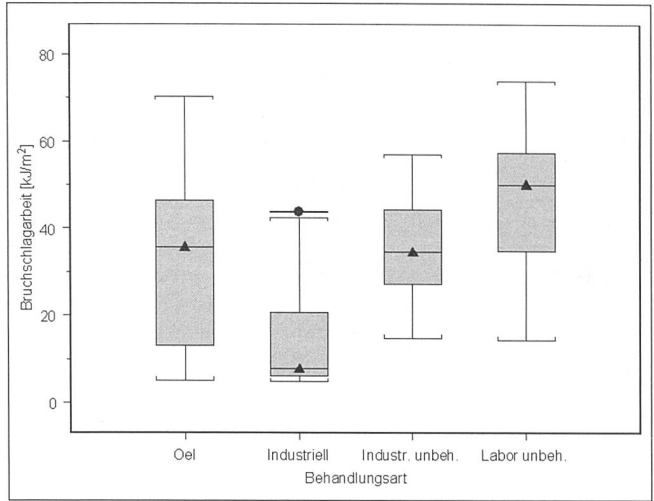


Abbildung 3: Bruchschlagarbeit in Abhängigkeit von der Methodik der Wärmebehandlung.

Figure 3: Impact bending strength according to different thermal treatments.

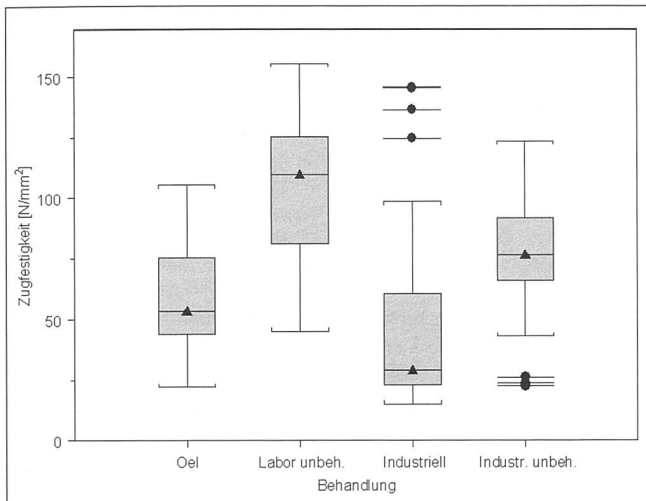


Abbildung 4: Zugfestigkeit in Faserrichtung in Abhängigkeit von der Methodik der Wärmebehandlung.

Figure 4: Tensile strength according to different thermal treatments.

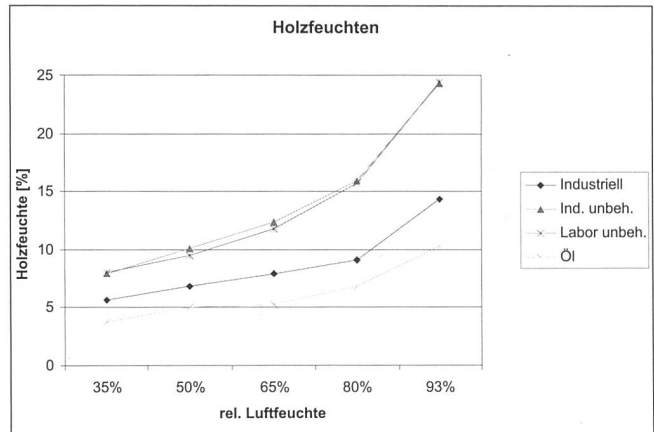


Abbildung 5: Gleichgewichtsfeuchten der behandelten Hölzer im Vergleich zu unbehandeltem Holz.

Figure 5: Equilibrium moisture of treated and non-treated wood.

Werte der im Rapsöl behandelten Proben über denjenigen der im Autoklaven behandelten.

Generell ist zu bemerken, dass die Standardabweichung der behandelten Proben grösser ist als die der unbehandelten (siehe auch *Abbildung 3*).

3.4 Zugbelastung

Die Ergebnisse sind in der *Tabelle 4* und in *Abbildung 4* dargestellt. Durch eine Hitzebehandlung werden sowohl der Zug-E-Modul als auch die Zugfestigkeit im Vergleich zum unbehandelten Holz herabgesetzt. Während die Reduzierung des E-Moduls nur etwa 10% beträgt, sinkt dagegen die Zugfestigkeit um etwa 50%.

3.5 Härte

Die Härte wurde mit dem Universalhärtemesskopf der Firma Zwick bestimmt. Es wurde mit einem Kugeldurchmesser von 10 mm gearbeitet. Die Prüfkraft betrug 500 N. Die Haltezeit der Maximallast betrug 30 Sekunden. Die Be- und Entlastung erfolgte jeweils innerhalb von 15 Sekunden. Die Messungen

wurden an Probekörpern der Abmessungen 25 mm x 15 mm x 50 mm durchgeführt.

Tabelle 5 zeigt die Ergebnisse. Deutlich wird, dass durch die thermische Behandlung in der Längsrichtung eine Zunahme der Brinellhärte zu beobachten ist, während sowohl radial als auch tangential die Härte abnimmt.

Die Werte für die radialen und tangentialen Messungen bewegen sich jeweils etwa in den gleichen Grössenordnungen.

3.6 Gleichgewichtsfeuchte und Quellung

Es wurden 50 Proben mit den Abmessungen 20 mm x 20 mm x 10 mm ($r \times t \times l$) bis zur Gleichgewichtsfeuchte klimatisiert. Die Lufttemperatur betrug 20 °C, die relative Luftfeuchte wurde mit 35%, 50%, 65%, 80% und 93% eingestellt.

Die Gleichgewichtsfeuchte wird deutlich reduziert; bei einer relativen Luftfeuchte von 93% beträgt die Holzfeuchtigkeit von behandeltem Holz nur rund 50% des Wertes von unbehandeltem Holz (*Abbildung 5*).

Durch die thermische Behandlung wurde das Quellverhalten maßgeblich beeinflusst. Die Quellung verringert sich in radialer Richtung um bis zu 50% (*Abbildung 6*) und in tangentialer Richtung um bis zu 40% (*Abbildung 7*).

	n	Rohdichte	Brinellhärte	Längs	Tangential	Radial	Holzfeuchte
		[kg/m ³]	[N/mm ²]	(Hirnfläche)	(Tangentialfläche)	(Radialfläche)	[%]
Industriell	100	438	Mittelwert	46,2	13,3	14,2	7,9
			Standardabweichung	7,3	2,4	2,3	
unbehandelt	100	507	Mittelwert	41,4	17,7	17,4	11,4
			Standardabweichung	7,0	4,4	3,6	
Öl	78	444	Mittelwert	51,4	10,7	12,3	5,0
			Standardabweichung	9,9	2,4	3,5	

	Rohdichte	Biege-E-Modul	Biegefestigkeit	Bruchschlagarbeit	Zug-E-Modul	Zugfestigkeit	Brinellhärte längs	Brinellhärte tangential	Brinellhärte radial
	[kg/m ³]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[kJ/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]
Industriell unbehandelt	460	11 700	89,3	34,7	12 400	81,2	41,4	17,7	17,4
Industriell	410	10 750	46,7	15,2	11 000	39,6	46,2	13,3	14,2
Labor unbehandelt	445	13 750	95,7	48,1	15 760	105,4	—	—	—
Öl	475	13 850	90,0	33,6	14 400	59,7	51,4	10,7	12,3

Quelle	Biege-E-Modul [N/mm ²]	Biegefestigkeit [N/mm ²]	Bruchschlagarbeit [kJ/m ²]	Zug-E-Modul [N/mm ²]	Zugfestigkeit [N/mm ²]
eigene Messung					
Industriell	-8%	-47%	-56%	-11%	-51%
Öl	1%	-6%	-30%	-8%	-43%
Literatur					
PATZELT et al. 2002	+2 bis +11%	—	—	—	—
SINN et al. 2002	—	—	—	-10%	-63%
RAPP 2001	-5 bis +10%	—	-18 bis -63%	—	—
WELZENBACHER & RAP 2003	-15 bis -28%	-6 bis -33%	-51 bis -72%	—	—

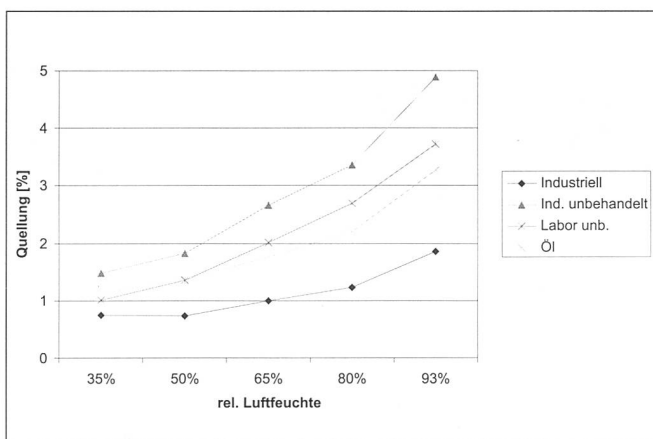


Abbildung 6: Quellung in radialer Richtung in Abhängigkeit von der Methodik der Wärmebehandlung.

Figure 6: Swelling in radial direction according to different thermal treatments.

Die Quellung des Öl-Hitze-behandelten Holzes ist höher als die des industriell im Autoklav behandelten. Die Quellanisotropie (Verhältnis der Quellung tangential/radial) bleibt konstant im Verhältnis 2:1.

In *Tabelle 6* sind alle ermittelten mechanisch-physikalischen Eigenschaften zusammengestellt.

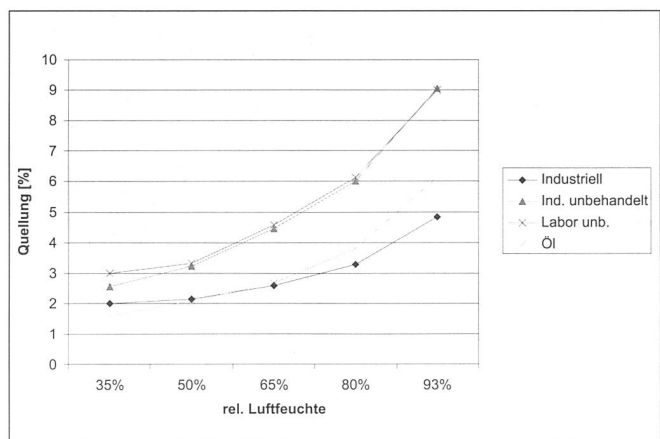


Abbildung 7: Quellung in tangentialer Richtung in Abhängigkeit von der Methodik der Wärmebehandlung.

Figure 7: Swelling in tangential direction according to different thermal treatments.

Der Vergleich mit Messergebnissen aus anderen Arbeiten (*Tabelle 7*) zeigt eine recht gute Übereinstimmung. Dabei ist zu berücksichtigen, dass ein deutlicher Einfluss der Behandlungsmethode und der Intensität (Temperatur, Dauer) vorhanden ist.

Tabelle 5: Brinellhärte (Mittelwerte) in Abhängigkeit von der Behandlungsart (Druck auf jeweilige Fläche).

Table 5: Statistical values for Brinell hardness of different thermally treated timber (pressure on the specified surface).

Tabelle 6: Zusammenfassende Darstellung der Messwerte für die verschiedenen Behandlungsarten (Mittelwerte).

Table 6: Summary of all tests that were carried out.

Tabelle 7: Prozentuale Veränderung der mechanischen Eigenschaften im Vergleich zu den unbehandelten Proben aus eigenen Messungen und aus Literaturangaben.

Table 7: Changes of the thermal treated timber; comparison to values obtained by other researchers.

Zusammenfassung

In den letzten Jahren gewann die Verarbeitung von thermisch modifiziertem Holz an Bedeutung. Zu den Eigenschaften des Holzes liegen unterschiedliche und zum Teil widersprüchliche Angaben vor. Geprüft wurden im Rahmen der vorliegenden Arbeit mechanische Eigenschaften sowie Sorptions- und Quellungsverhalten an Fichtenholz, das industriell im Autoklav (in Stickstoffatmosphäre und Überdruck) sowie im Labor über 24 Stunden bei 200 °C in Rapsöl behandelt wurde. Biegefestigkeit, Bruchschlagarbeit und Härte werden zum Teil deutlich vermindert. Die Gleichgewichtsfeuchte sowie die Quellung bei Wasserdampfsorption reduzieren sich um bis zu 50%. Die Farbgebung ist nicht UV-stabil. Bereits nach kurzer Bewitterungsdauer kommt es zur Vergrauung.

Résumé

Effet de la réтификаtion sur l'absorption et certaines propriétés mécaniques du bois d'épicéa

Ces dernières années, le bois rétifé a gagné en importance; des informations variées et parfois contradictoires sont disponibles à ce sujet. Dans le cadre du présent travail, les propriétés mécaniques du bois amélioré et son comportement quant à l'absorption et au gonflement ont été étudiés. Le bois a été rétifé industriellement en autoclave (en milieu azoté et surpression) et en laboratoire dans de l'huile de colza à 200 °C, dans un but comparatif. La résistance à la flexion, la dureté et la résilience à la flexion du bois ont, partiellement, sensiblement diminué. La réduction de l'équilibre hygroscopique et du gonflement lors de l'absorption de vapeur peuvent aller jusqu'à 50%. La couleur n'est pas stable aux UV; elle s'altère après une courte exposition aux éléments.

Traduction: STÉPHANE CROPTIER

Summary

Examinations of the influence of thermal treatment on certain mechanical properties of spruce

In the last few years, use has increased of thermally modified timber. However, different and even contradictory statements exist concerning the properties of the treated timber. In this work the mechanical properties and the sorption and swelling behaviour of spruce are tested for two different treatments:

- In an autoclave (nitrogen atmosphere and high pressure; industrial scale)
- In rape seed oil for 24 hours and 200 °C (laboratory scale)

The values for bending test, impact bending strength and hardness show a very clear reduction in parts. The equilibrium moisture and the swelling fall by 50%. There is an obvious correlation between the kind of treatment and the measured mechanical properties.

Literatur

- BÄCHLE, F.; NIEMZ, P. 2004: Weathering resistance of oil-heat-treated timber. Interner Bericht ETHZ/IfB-HP Nr. 19.
- BÄCHLE, F.; NIEMZ, P.; HEEB, M. 2004: Untersuchungen zum Einfluss der Wärmebehandlung auf die Beständigkeit von Fichtenholz gegenüber holzerstörenden Pilzen. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 155, 12: 548–554.

- BEKHTA, P.; NIEMZ, P. 2003: Effect of High Temperature on Change on Color, Dimensional Stability and mechanical Properties of Spruce. *Holzforschung* 57: 539–546.
- JUNGHANS, K. 2003: Untersuchungen zu spezifischen Eigenschaftsänderungen an thermisch vergütetem Holz. Diplomarbeit, BA Dresden (an der ETH durchgeführt).
- KOLLMANN, F.; FENDEL, D. 1965: Änderung der chemischen Zusammensetzung des Holzes durch thermische Vergütung. *Holz als Roh- und Werkstoff* 23, 12: 461–468.
- KAMDEM, D.P.; PIZZI, A.; TRIBOULOT, M.C. 2000: Heat-treated timber: potentially toxic byproducts presence and extent of wood cell wall degradation. *Holz als Roh- und Werkstoff* 58: 253–257.
- MILITZ, H. 2002: Thermal treatment of wood. European Processes and their background. The international research group on wood preservation. Bericht: IRG/WP02–40241.
- NIEMZ, P.; BÄCHLE, F.; BROX, M. 2003: Vergleichende Untersuchungen zur thermischen Vergütung von Fichtenholz. *Holz, Mering*, 6: 33–37.
- PATZELT, M.; STINGL, R.; TEISCHINGER, A. 2002: Thermische Modifikation von Holz und deren Einfluss auf ausgewählte Holzeigenschaften. In: *Modifiziertes Holz: Eigenschaften und Märkte. Lignovisionen. Schriftenreihe des Institutes für Holzforschung und des Verband Holzwirte Österreich*: 101–147.
- RAPP, O. 2001: Review on heat treatments of wood. Proceedings of the special seminar held in Antibes, France. Cost Action E22.
- SINN, G.; GINDL, M.; REITERER, A. 2002: Ausgewählte materialphysikalische Eigenschaften von modifiziertem Holz. In: *Modifiziertes Holz: Eigenschaften und Märkte. Lignovisionen. Schriftenreihe des Institutes für Holzforschung und des Verband Holzwirte Österreich*: 171–190.
- WELZENBACHER, C.; RAPP, O. 2003: Thermische Verfahren. Verfahrensübergreifender Vergleich. 23. Holzschutztagung. Zeitgemäßer Schutz von Holz für nachhaltiges Bauen. Augsburg 26./27. März 2003: 97–112.

Autoren

FRIITZ BÄCHLE, Dipl. Forsting. ETH, Institut für Baustoffe, Holzphysik, Schafmattstrasse 6, ETH Hönggerberg, 8093 Zürich.
E-Mail: baechle@ifb.baug.ethz.ch.
Prof. Dr.-Ing. habil. PETER NIEMZ, Institut für Baustoffe, Holzphysik, Schafmattstrasse 6, ETH Hönggerberg, 8093 Zürich.