

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

Herausgeber: Schweizerischer Forstverein

Band: 155 (2004)

Heft: 12

Artikel: Einfluss der hydrothermischen Behandlungen von Pinus radiata D. Don auf ausgewählte Eigenschaften des Holzes

Autor: Niemz, Peter / Poblete, Hernan / Schanack, Frank / Bächle, Fritz

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1098150>

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: 11.04.2026

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

Einfluss der hydrothermischen Behandlung von *Pinus radiata* D. Don auf ausgewählte Eigenschaften des Holzes

PETER NIEMZ, HERNAN POBLETE, FRANK SCHANACK und FRITZ BÄCHLE

Keywords: *Pinus radiata*; hydrothermal treatment; swelling; mechanical properties; equilibrium moisture content. FDK 82 : 84

1. Einleitung

Durch Einwirkung von Feuchte und Temperatur kommt es zu einem destruktiven Abbau der Hauptbestandteile (Hemicellulose, Cellulose und Lignin) des Holzes, wenn jeweils bestimmte Kombinationen von Holzfeuchte, Zeit und Temperatur vorhanden sind (NOACK 1969). NOACK (1969) stellte bei einer Behandlung von Rotbuche bei 100 bis 180 °C im Autoklav eine erhebliche Absenkung des pH-Wertes des Holzes fest. Zudem traten Farbänderungen, ein Masseverlust und Veränderungen im Sorptionsverhalten auf. Mit zunehmender Schärfe der Behandlung kommt es zu einer Reduzierung der Gleichgewichtsfeuchte und gleichzeitig einem Ansteigen der maximalen Schwindmasse. Ebenso kam es zu einem erheblichen Masseverlust und auch die Festigkeit sank deutlich ab. Das übliche Dämpfen des Holzes zwecks Farbänderung, Plastifizierung zum Schälen oder Messern bewirkt nur eine relativ geringe Änderung des Quell- und Schwindverhaltens (AUTORENKOLLEKTIV 2003). VORREITER (1949) gibt dagegen an, dass gedämpftes Holz etwas weniger quillt und bei höheren Dampfdrücken eine bessere Vergütung erreicht wird. KOLLMANN (1951) gibt bei zwei Bar Dampfdruck und 60 Minuten Dämpfdauer eine Verringerung der Quellung um 20% an. Bei einer rein thermischen Vergütung im trockenen Medium (in Heissluft oder im Vakuum) kommt es zu einem Festigkeitsverlust, aber auch zu einer nennenswerten Quellungsvergütung (BURMESTER 1973, 1975; SCHNEIDER 1971). Eine gute Übersicht zu Einflussgrößen auf die Feuchteaufnahme des Holzes gibt BURMESTER (1970).

Tabelle 1: Versuchsübersicht und eingestellter Druck im Autoklav.

Temperatur	Behandlungsdauer	Druck in bar
140 °C	1 h	3,7
150 °C	1 h	4,8
160 °C	1 h	6,7
170 °C	1 h	9,1
170 °C	0,5 h	9,6
170 °C	1 h	9,1
170 °C	2 h	9,1

Tabelle 2: Zusammenstellung der Eigenschaften des Holzes.

Behandlungstemperatur	unbehandelt	140 °C	150 °C	160 °C	170 °C	170 °C	170 °C
Behandlungsdauer	unbehandelt	1h	1h	1h	0,5h	1h	2h
Biegefestigkeit	60,5 N/mm ²	55,15 N/mm ²	47,85 N/mm ²	45,45 N/mm ²	44,5 N/mm ²	38,95 N/mm ²	31,6 N/mm ²
Änderung %	0%	-8%	-15%	-22%	-30%	-37%	-45%
E-Modul	8585 N/mm ²	6740 N/mm ²	7460 N/mm ²	6900 N/mm ²	7360 N/mm ²	6740 N/mm ²	5775 N/mm ²
Änderung %	0%	-5%	-8%	-13%	-17%	-21%	-25%
Rohdichte	0,45 g/cm ³	0,45 g/cm ³	0,443 g/cm ³	0,441 g/cm ³	0,438 g/cm ³	0,419 g/cm ³	0,417 g/cm ³
Änderung %	0%	0%	-1,52%	-2,11%	-2,74%	-6,95%	-7,38%
Gewichtsverlust	0%	-1,23%	-3,77%	-4,78%	-5,90%	-10,28%	-14,09%
Volumenverlust	0%	-0,22%	-1,34%	-1,10%	-1,65%	-2,72%	-4,03%

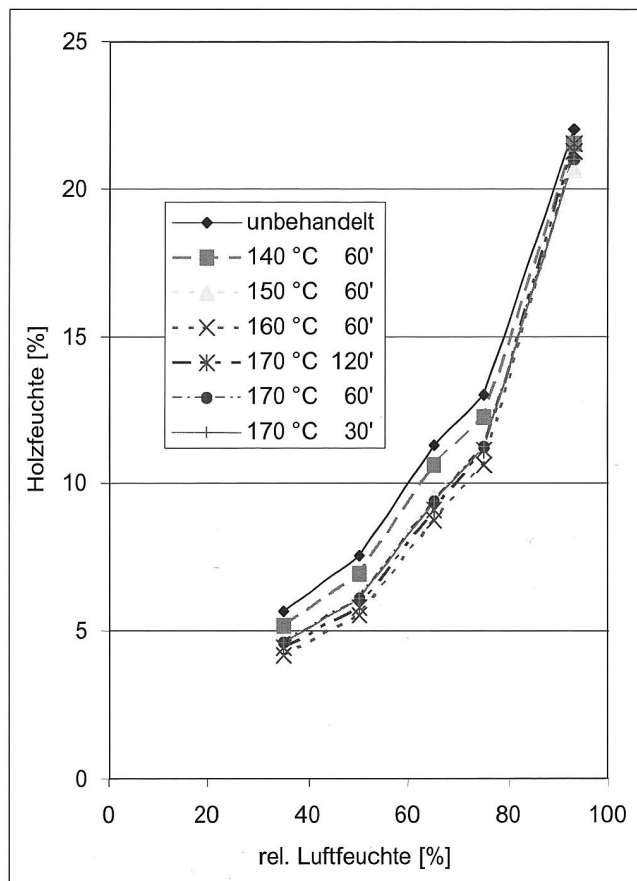


Abbildung 1: Gleichgewichtsfeuchte in Abhängigkeit von der relativen Luftfeuchte und der Temperatur sowie der Behandlungsdauer im Autoklav.

FENGEL (1966a bis c) untersuchte chemische Vorgänge bei der thermischen Behandlung des Holzes. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird die hydrothermische Vergütung von *Pinus radiata* geprüft.

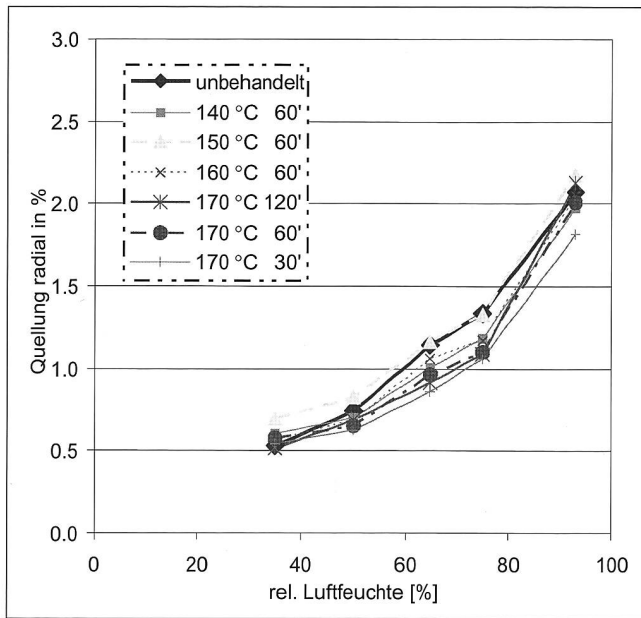


Abbildung 2: Quellung in radialer Richtung in Abhängigkeit von der relativen Luftfeuchte und der Temperatur sowie der Behandlung.

2. Material und Methode

2.1 Versuchsmaterial

Tabelle 1 zeigt eine Übersicht der durchgeführten Versuche. Es wurden der Einfluss der Temperatur und der Behandlungsdauer auf den pH-Wert der Kochflüssigkeit, den Masseverlust, das Sorptionsverhalten und die Quellung bei Feuchtaufnahme durch Sorption sowie die Biegefestigkeit und der E-Modul geprüft.

Biegefestigkeit und E-Modul

Als Versuchsmaterial diente *Pinus radiata* D. Don. Es wurden Biegestäbe in Anlehnung an DIN 52 186 im Format 20 mm x 20 mm x 300 mm verwendet. Die Probenlänge wurde wegen der zur Verfügung stehenden Technik für die thermische Behandlung auf 300 mm verkürzt. Je Behandlungsart wurden 20 Proben verwendet.

Quellung und Gleichgewichtsfeuchte

Es wurden Prüfkörper im Format 50 mm (radial) x 50 mm (tangential) x 10 mm (längs) verwendet. Je Behandlungsart wurden 20 Proben verwendet.

2.2 Versuchsmethodik

Hydrothermische Behandlung

Die Proben wurden vor der hydrothermischen Behandlung bis zum Erreichen der Gewichtskonstanz im Normalklima bei 20 °C/65% relativer Luftfeuchte gelagert. Danach wurde das Holz in den auf 95 °C vorgewärmten Autoklav gelegt. Dann erfolgte die eigentliche hydrothermische Behandlung mit Wasserdampf. Das im Autoklav vorhandene Wasser wurde erhitzt.

Tabelle 3: pH-Wert der Kochflüssigkeit

Temperatur	Behandlungsdauer	pH-Wert
140 °C	1 h	4,05
150 °C	1 h	3,56
160 °C	1 h	3,58
170 °C	1 h	3,34
170 °C	0,5 h	3,22
170 °C	1 h	3,30
170 °C	2 h	3,41

Tabelle 4: Gleichgewichtsfeuchte als Funktion der relativen Luftfeuchte (Mittelwerte).

Behandlung	Holzfeuchte in % bei rel. Luftfeuchte in %				
	35	50	65	75	93
unbehandelt	6,3	8,3	12,4	14,0	22,1
140 °C, 1 h	5,7	7,6	11,3	13,0	22,0
150 °C, 1 h	5,2	6,9	10,6	12,3	21,6
160 °C, 1 h	4,6	6,2	9,6	11,3	20,7
170 °C, 1 h	4,4	5,8	9,1	11,1	21,6

Behandlung	Holzfeuchte in % bei rel. Luftfeuchte in %				
	35	50	65	75	80
unbehandelt	6,3	8,3	12,4	14,0	22,1
170 °C, 0,5 h	4,2	5,5	8,8	10,6	21,6
170 °C, 1 h	4,4	5,8	9,1	11,1	21,6
170 °C, 2 h	4,6	6,1	9,4	11,3	21,0

Tabelle 5: Quellung tangential als Funktion der relativen Luftfeuchte (Mittelwerte).

Behandlung	Quellung tangential in % bei rel. Luftfeuchte in %				
	35	50	65	75	93
unbehandelt	1,14	1,55	2,43	2,74	4,48
140 °C, 1 h	1,09	1,43	2,14	2,44	4,30
150 °C, 1 h	1,17	1,48	2,19	2,53	4,52
160 °C, 1 h	1,12	1,34	2,02	2,38	4,36
170 °C, 1 h	0,93	1,22	1,73	2,14	4,11

170 °C	Quellung tangential in % bei rel. Luftfeuchte in %				
	35	50	65	75	93
0 h	1,14	1,55	2,43	2,74	4,48
0,5 h	1,03	1,39	2,04	2,39	4,57
1 h	0,93	1,22	1,73	2,14	4,11
2 h	0,98	1,28	1,80	2,15	4,05

Die Proben befanden sich oberhalb des Wasserbades. Nach Verschliessen des Autoklavs stieg die Temperatur annähernd konstant mit 3,3 °C pro Minute bis zur Zieltemperatur an.

Die Anwärmphase wurde nicht in die Behandlungsdauer einbezogen. Diese ist zur Behandlungsdauer dazuzuzählen. Die während des Vergütungsprozesses entstehenden Holzabbauprodukte wurden je Behandlung analysiert, es wurde für jeden Versuch frisches Wasser verwendet. Nach der hydrothermischen Behandlung wurden die Proben kurz zum Abkühlen und Konditionieren im Raumklima aufbewahrt, bevor sie bis zum Erreichen der Ausgleichsfeuchte im Normalklima 20 °C/65% relative Luftfeuchte gelagert wurden. Die Proben zur Bestimmung des Quellmasses wurden in einem Klimaschrank bei 20 °C und 35, 50, 65, 75 und 93% relativer Luftfeuchte bis zur Massekonstanz gelagert.

Tabelle 6: Quellung radial als Funktion der relativen Luftfeuchte (Mittelwerte).

Behandlung	Quellung radial in % bei rel. Luftfeuchte in %				
	35	50	65	75	93
0 °C, 1 h	0,53	0,75	1,14	1,34	2,07
140 °C, 1 h	0,61	0,7	1,003	1,19	1,97
150 °C, 1 h	0,69	0,83	1,16	1,33	2,18
160 °C, 1 h	0,57	0,69	1,06	1,17	2,05
170 °C, 1 h	0,58	0,65	0,96	1,1	2,01

170 °C	Quellung radial in % bei rel. Luftfeuchte in %				
	35	50	65	75	93
0 h	0,53	0,75	1,14	1,34	2,07
0,5 h	0,52	0,69	0,91	1,09	2,12
1 h	0,58	0,65	0,96	1,1	2,01
2 h	0,54	0,63	0,86	1,06	1,82

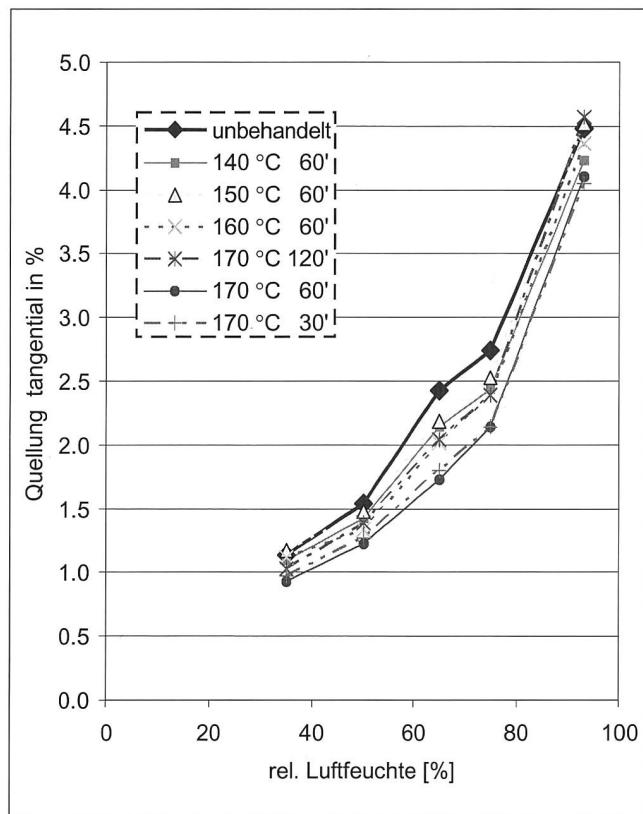


Abbildung 3: Quellung in radialer Richtung in Abhängigkeit von der relativen Luftfeuchte und der Temperatur sowie der Dauer der Behandlung.

Chemische Analyse

Von den nach den Behandlungen aus dem Autoklav entnommenen Flüssigkeitsproben wurde der pH-Wert bestimmt.

Mechanisch-physikalische Eigenschaften

Nach Klimatisierung im Normalklima bei 20 °C/65% relativer Luftfeuchte wurden die Rohdichte nach DIN 52 182, die Biegefestigkeit und der E-Modul nach DIN 52 186 und das Quellmass (Lagerung in einem Klimaschrank bei 20 °C und 35, 50, 65, 75 und 93% relativer Luftfeuchte bis zur Massekonstanz) sowie die maximale Quellung nach Wasserlagerung (DIN 52 184) bestimmt.

3. Versuchsergebnisse

Tabelle 2 zeigt eine Zusammenstellung der mechanisch-physikalischen Eigenschaften. Mit zunehmender Behandlungsdauer und -temperatur steigt der Masseverlust, die Rohdichte sinkt. Auch das Volumen reduziert sich. Dabei ist insbesondere bei Temperaturen von 170 °C ein merklicher Masseverlust nachweisbar. Bei dieser Temperatur ist auch ein wesentlicher Einfluss der Behandlungsdauer vorhanden. Gleichzeitig kommt es zu einem deutlichen Abfall der Biegefestigkeit. Der pH-Wert des Kochwasserrückstandes sinkt deutlich ab (Tabelle 3). Dies stimmt mit den Ergebnissen von NOACK (1969) weitgehend überein. Zugleich kommt es bis etwa 75% relativer Luftfeuchte zu einer tendenziell leichten Reduzierung der Gleichgewichtsfeuchte. Bei weiterer Erhöhung der relativen Luftfeuchte tritt dagegen keine Differenzierung zum unbehandelten Holz auf. Die Unterschiede sind also im Wesentlichen im Bereich der Chemie- und Physisorption vorhanden und nicht im Bereich der Kapillarkondensation (Tabelle 4; Abbildung 1). Die Quellung in feuchter Luft bleibt weitgehend unverändert (Tabelle 5 und 6; Abbildung 2 und 3). Die Reduzierung der Gleichgewichtsfeuchte ist geringer als bei

Behandlung in erwärmter Luft (NIEMZ & BEKHTA 2002) oder im Vakuum bzw. Öl (NIEMZ et al. 2003).

Durch die hydrothermische Behandlung kommt es zu einer deutlichen Farbänderung: Das Holz wird dunkler. Dieser Effekt ist von Dämpfen her gut bekannt.

Zusammenfassung

Pinus radiata wurde mit Wasserdampf im Autoklav hydrothermisch behandelt. Variiert wurden die Temperatur und die Behandlungsdauer. Geprüft wurden Biegefestigkeit, Sorptionsverhalten (Gleichgewichtsfeuchte), die Quellung und der pH-Wert des Wasserrückstandes. Es wurde festgestellt, dass a) der pH-Wert durch die Behandlung deutlich sinkt, b) ein erheblicher Masseverlust eintritt, c) die Wasserdampfsorption bis zu 75% relativer Luftfeuchte leicht, bei höherer Luftfeuchte dagegen kaum reduziert wird, d) die Biegefestigkeit mit zunehmender Schärfe der Behandlung abfällt.

Summary

Influence of hydrothermal treatment of *Pinus radiata* D. Don on specific characteristics of the wood

Pinus radiata wood was treated under hydrothermal conditions (steam) in an autoclave. The effect of temperature and time were studied. Bending strength, equilibrium moisture content, swelling and pH value of residual water were determined. Following effects were determined: a) a reduction of pH value, b) a considerable reduction of wooden mass, c) a reduction of equilibrium moisture up to 75% air humidity was registered. With higher air humidity no differences between treatments were detected, and d) with higher temperatures and longer treatment time, a reduction of bending strength was ascertained.

Résumé

Influence du traitement hydrothermique de *Pinus radiata* D. Don sur certaines propriétés du bois

Pinus radiata a été traité hydrothermiquement (vapeur d'eau) en autoclave en faisant varier la température et la durée du traitement. Les propriétés suivantes ont été testées: la résistance à la flexion, le comportement de sorption (équilibre hydrique), le gonflement et le pH des résidus aqueux. On a constaté les effets suivants: a) une nette diminution du pH, b) une importante réduction de la masse du bois, c) une baisse de la sorption de vapeur d'eau jusqu'à une humidité relative de l'air de 75% (aucune différence n'est par contre constatée entre les traitements lorsque l'humidité est supérieure), d) une diminution de la résistance à la flexion lorsque l'intensité du traitement augmente.

Traduction: CLAUDE GASSMANN

Literatur

- AUTORENKOLLEKTIV 2003: Holzlexikon. 4. völlig überarbeitete und ergänzte Auflage, DRW-Verlag, Stuttgart, 1460 S.
- BURMESTER, A. 1970: Formbeständigkeit von Holz gegenüber Feuchtigkeit. Grundlagen und Vergütungsverfahren. BAM Bericht Nr. 4, Berlin, 179 S.

- BURMESTER, A. 1973: Einfluss der Wärme-Druck-Behandlung des halbtrockenen Holzes auf seine Formbeständigkeit. Holz Roh-Werkst. 31: 237–243.
- BURMESTER, A. 1975: Zur Dimensionsstabilisierung von Holz. Holz Roh-Werkst. 33: 333–335.
- FENGEL, D. 1966a: Heiss- und Kaltwasserextrakte von thermisch behandeltem Fichtenholz, Institut für Holzforschung und Holztechnik der Universität München.
- FENGEL, D. 1966b: Die Hemicellulosen in unbehandeltem und thermisch behandeltem Fichtenholz, Institut für Holzforschung und Holztechnik der Universität München.
- FENGEL, D. 1966c: Thermisch und mechanisch bedingte Strukturänderungen bei Fichtenholz, Institut für Holzforschung und Holztechnik der Universität München.
- KOLLMANN, F. 1951: Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe, 2 Bände, Springer-Verlag Berlin.
- NIEMZ, P.; BEKHTA, P. 2002: Untersuchungen zu Eigenschaften von thermisch vergütetem Fichtenholz. Holz: Zeitschrift für Möbel- und Holzwarenhersteller in den neuen Bundesländern 24, 4: 31–34.
- NIEMZ, P.; BÄCHLE, F.; BROX, M. 2003: Vergleichende Untersuchungen zu verschiedenen Methoden der thermischen Vergütung von Fichtenholz. Holz: Zeitschrift für Möbel- und Holzwarenhersteller in den neuen Bundesländern 25, 6: 33–37.
- NOACK, D. 1969: Über die Heisswasserbehandlung von Rotbuchenholz im Temperaturbereich von 100 bis 180 °C. Holzforsch. Holzverwert. 21: 118–124.
- SCHNEIDER, A. 1971: Untersuchungen über den Einfluss von Wärmebehandlung im Temperaturbereich von 100 bis 200 °C auf Elastizitätsmodul, Druckfestigkeit und Bruchschlagarbeit von Kiefern-Splint und Buchenholz. Holz Roh-Werkst. 29: 431–440.
- VORREITER, L. 1949: Holztechnologisches Handbuch. Band 1 und 2, Verlag Fromme, Wien.

Autoren

Prof. Dr.-Ing. habil. PETER NIEMZ und FRITZ BÄCHLE, ETH Zürich, Institut für Baustoffe, Holzphysik, ETH Hönggerberg, CH-8093 Zürich, E-Mail: niemz@ibwk.baug.ethz.ch.
HERNAN POBLETE, Instituto de Tecnología de Productos Forestales, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.
FRANK SCHANACK, Technische Universität Dresden, DE-01062 Dresden.