

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

Herausgeber: Schweizerischer Forstverein

Band: 155 (2004)

Heft: 12

Artikel: Einfluss der hydrothermischen Behandlung von *Picea abies* (L.) Karsten und *Eucalyptus nitens* (Deane & Maiden) Maiden auf die chemische Zusammensetzung des Holzes

Autor: Niemz ,Peter / Mariani, Silvana / Torres, Marco

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1098151>

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 *Picea abies* (L.) Karsten und *Eucalyptus nitens* (Deane & Maiden) Maiden auf die chemische Zusammensetzung des Holzes

PETER NIEMZ, SILVANA MARIANI und MARCO TORRES

Keywords: *Picea abies*; *Eucalyptus nitens*; hydrothermal treatment; chemical constitution; swelling; pH. FDK 82 : 84

1. Einleitung

Bei erhöhten Temperaturen, wie sie beispielweise bei der thermischen Vergütung von Holz aber auch beim Dämpfen eingesetzt werden, kommt es zu chemischen Veränderungen der Hauptkomponenten des Holzes, zur Farbänderung und auch zum Masseverlust. Dabei ist ein wesentlicher Einfluss von Holzfeuchte, Temperatur und Dauer der Temperatureinwirkung vorhanden (FENGEL & WEGENER 1989, MITSUI *et al.* 2001, NAVI & GIRARDET 2000, KOTILAINEN *et al.* 2001).

Bei der hydrothermischen Behandlung werden zunächst die Monoterpene (bei Nadelholz) ausgetrieben, wodurch Essigsäure und Furfural entstehen. Lignin kondensiert bei Temperaturen von 140 bis 170 °C, Cellulose ist in diesem Bereich noch relativ stabil. In verschiedenen Arbeiten wurde festgestellt, dass es durch die thermische oder hydrothermische Behandlung zum Masseverlust kommt, der auf einen Abbau der Hemicellulose, insbesondere Cellulose und Lignin, zurückzuführen ist. Der Masseverlust steigt bei Erhöhung der Temperatur und der Einwirkungsdauer (FENGEL & WEGENER 1989, ZAMAN *et al.* 2000, KOTILAINEN *et al.* 2001, EMÍLIA ROSA & PEREIRA 1994). ZAMAN *et al.* (2000) behandelten *Pinus sylvestris* L. und *Betula pendula* Roth mit Dampf bei einer Temperatur von 200 und 230 °C. Es wurde beim Laubholz ein unterschiedlicher Abbau im Vergleich zum Nadelholz festgestellt. NIEMZ *et al.* (2003) untersuchten chemische Änderungen verschiedener Holzarten durch eine thermische Behandlung im belüfteten Trockenschrank. Auch hier wurden Unterschiede zwischen Laub- und Nadelhölzern festgestellt. NUOPPONEN *et al.* (2003) untersuchten den Einfluss der thermischen Behandlung von *Pinus sylvestris*. Dabei benutzten sie Dampf zum Erwärmen. Im Rahmen dieser Arbeit wird der Einfluss einer hydrothermischen Behandlung auf die chemische Zusammensetzung von *Picea abies* und *Eucalyptus nitens* geprüft. Die Untersuchungen dienen dabei primär der Farbänderung durch eine hydrothermische Behandlung. Es sollten dunklere Farbtöne erzielt werden. Es wurde also nicht das Ziel der Quellungsver-

Tabelle 1: Verwendete Normen zur chemischen Analyse.

Analyse	Norm nach Tappi ¹
Extrahierbare Bestandteile	
Äthanol-Toluol	T 204, 1988
Warmwasser	T 207, 1999
1-prozentig NaOH	T 212, 1998
Extrahierbare Bestandteile gesamt	T 264, 1997
Hauptkomponenten	
Lignin	T 222, 1998
Holocellulose	Poljak ²
Pentosane	T 223, 1984

¹ Norm USA

² Siehe Technical association 1975.

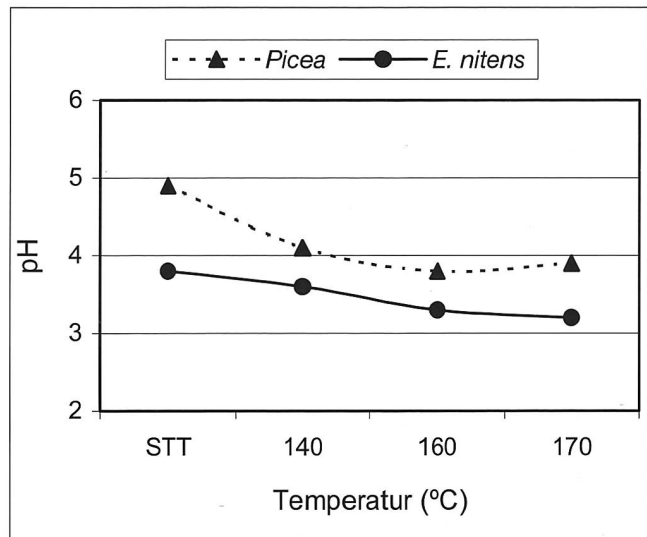


Abbildung 1: pH-Wert in Abhängigkeit von der Temperatur.

gütung oder einer Erhöhung der Pilzresistenz verfolgt. Dieses wird bei der Behandlung in trockener Hitze beim so genannten Thermoholz verfolgt. Die Behandlungsmethode hat aber auch Einfluss auf die chemische Zusammensetzung des Holzes.

2. Versuchsmaterial und Versuchsdurchführung

Chemische Eigenschaften

Als Versuchsmaterial dienten *Picea abies* und *Eucalyptus nitens*. Es wurden Prüfkörper der Abmessungen 20 mm (radial) x 20 mm (tangential) x 300 mm (längs) zunächst im Normal-klima bei 20 °C/65% relativer Luftfeuchte bis zum Erreichen

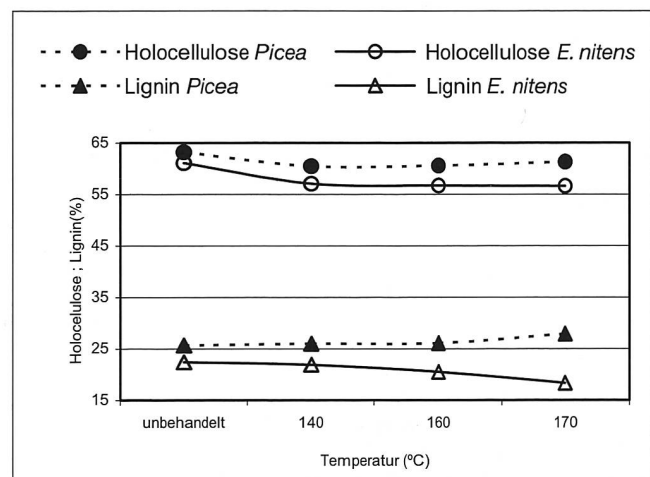


Abbildung 2: Anteil Holocellulose und Lignin in Abhängigkeit von der Temperatur der Wärmebehandlung.

Tabelle 2: Ergebnisse der chemischen Analyse.

Prozent-Angaben jeweils auf darrtrockenes Holz bezogen.

Holzart	Behandlung Temperatur (°C)	extrahierbare Bestandteile %						Hauptkomponenten %		
		Äthanol	Warmwasser Anteile gesamt	extrahierbare	NaOH 1%	pH	NaOH 1% Verbrauch	Lignin	Holocellulose	Pentosane
<i>Picea abies</i>	unbehandelt	1,2	1,1	3,7	13,3	4,9	1,8	25,7	63,2	5,0
	140	1,4	3,5	4,7	13,7	4,1	3,2	26,0	60,5	4,1
	160	2,3	11,9	8,5	22,7	3,8	8,6	26,1	60,6	3,8
	170	3,4	8,5	9,5	19,5	3,9	7,1	27,9	61,3	2,8
<i>Eucalyptus nitens</i>	unbehandelt	2,1	1,6	3,4	13,3	3,8	7,9	22,4	61,1	17,0
	140	2,9	3,4	6,4	23,3	3,6	9,3	21,9	57,1	14,8
	150	10,7	11,1	15,4	33,9	3,3	8,6	20,5	56,7	11,6
	160	18,5	15,9	23,7	42,2	3,2	12,9	18,3	56,6	10,7

der Massekonstanz klimatisiert, um eine konstante Holzfeuchte vor der Behandlung zu gewährleisten. Danach wurden die Proben im Autoklav in Wasserdampf Atmosphäre (die Proben befanden sich oberhalb des Wasserbades, es erfolgte also kein Kochen) jeweils eine Stunde bei 140, 150, 160 und 170 °C behandelt und anschliessend im Normalklima bei 20 °C/65% relativer Luftfeuchte bis zum Erreichen der Massekonstanz klimatisiert. Daraus wurden Proben entnommen und in einer Wiley-Mühle gemahlen (gemäss Tappi 264, Ausgabe 1997). Die Prüfung erfolgte nach den in Tabelle 1 zusammengestellten Tappi-Normen. Der pH-Wert wurde nach der amerikanischen Tappi Norm T 252 von 1998 bestimmt. Dabei wurden in 100 ml destilliertes Wasser 2 g zerkleinertes Holz gegeben. Nach 4 h erfolgte die Messung des pH-Wertes der Lösung.

Gleichgewichtsfeuchte und Quellung

Es wurden Proben im Format von 50 mm (radial) x 50 mm (tangential) x 10 mm (längs) verwendet. Die Proben zur Bestimmung des Quellmasses und der Gleichgewichtsfeuchte wurden in einem Klimaschrank bei 20 °C und 40, 52,5, 65; 77,5 und 90% relativer Luftfeuchte bis zur Massekonstanz gelagert. Bei Erreichen der Gleichgewichtsfeuchte wurden jeweils die Abmessungen bestimmt. Am Versuchsende wurden die Proben darrgetrocknet und Darmasse und Abmessungen im Darrzustand ermittelt.

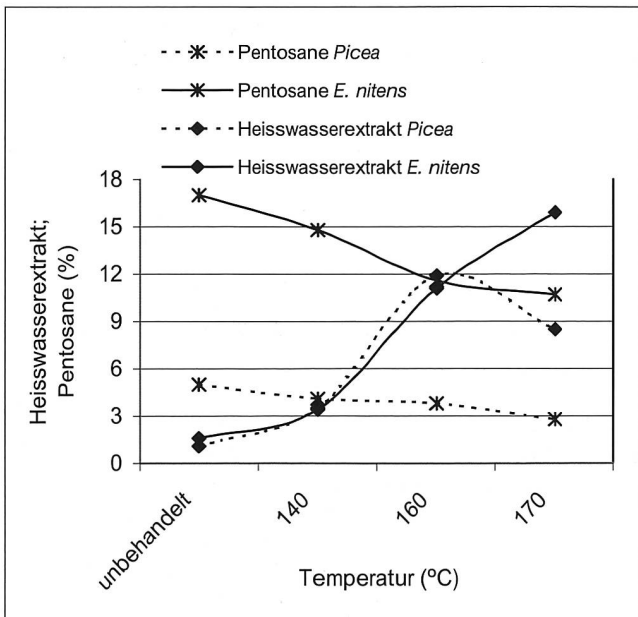


Abbildung 3: Heisswasserextrakt und Anteil an Pentosanen in Abhängigkeit von der Temperatur der Wärmebehandlung.

3. Versuchsergebnisse

3.1 Chemische Zusammensetzung

Tabelle 2 zeigt eine Zusammenstellung der analysierten chemischen Eigenschaften. Für beide Holzarten steigt der Anteil an löslichen Bestandteilen mit zunehmender Temperatur der Wärmebehandlung an. Dabei erhöht sich der Anteil an im Heisswasser extrahierbaren Bestandteilen bei *Picea abies* auf

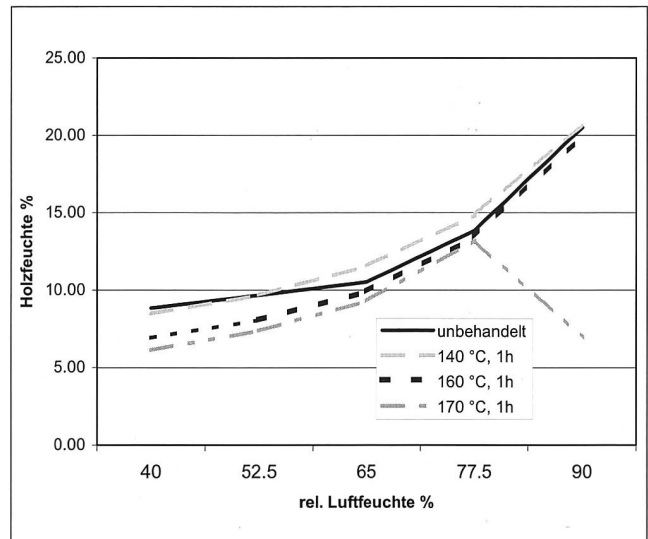


Abbildung 4: Sorptionsverhalten von *Picea abies* in Abhängigkeit von der Behandlungstemperatur und -dauer.

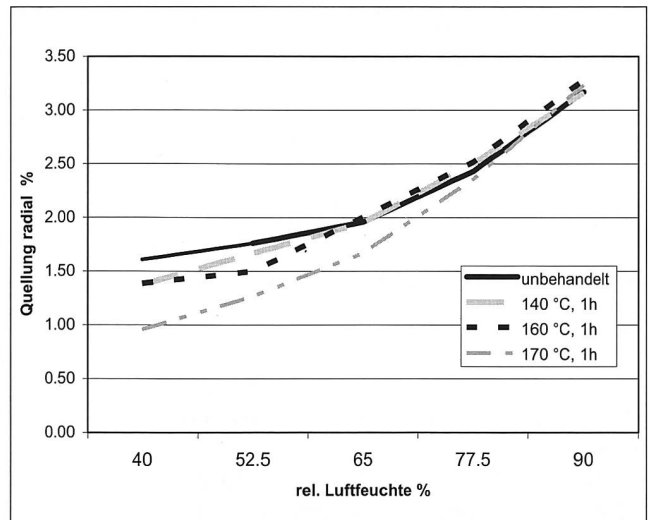


Abbildung 5: Quellung radial von *Picea abies* in Abhängigkeit von der Behandlungstemperatur und -dauer.

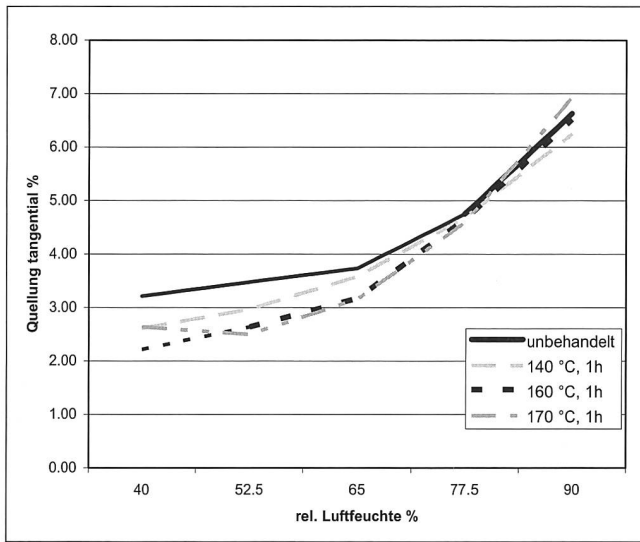


Abbildung 6: Quellung tangential von *Picea abies* in Abhängigkeit von der Behandlungstemperatur und -dauer.

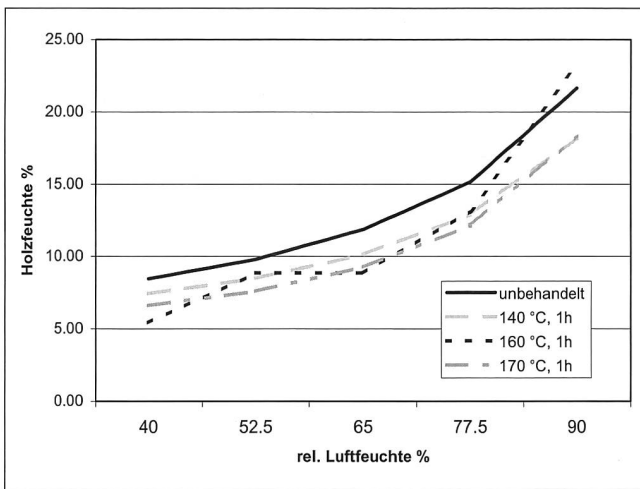


Abbildung 7: Sorptionsverhalten von *Eucalyptus nitens* nach hydrothermischer Behandlung.

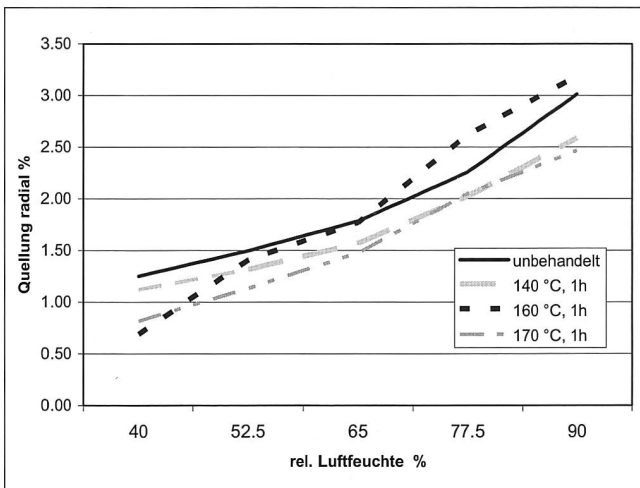


Abbildung 8: Quellung radial von *Eucalyptus nitens* nach hydrothermischer Behandlung.

772%, bei *Eucalyptus nitens* auf 993% des unbehandelten Holzes.

Bei hohen Temperaturen sinkt bei beiden Holzarten der pH-Wert (*Abbildung 1*). Dies korreliert mit dem Verbrauch an NaOH für die Neutralisation (Pufferkapazität). Die Verschiebung in den sauren Bereich ist auf die saure Hydrolyse, ver-

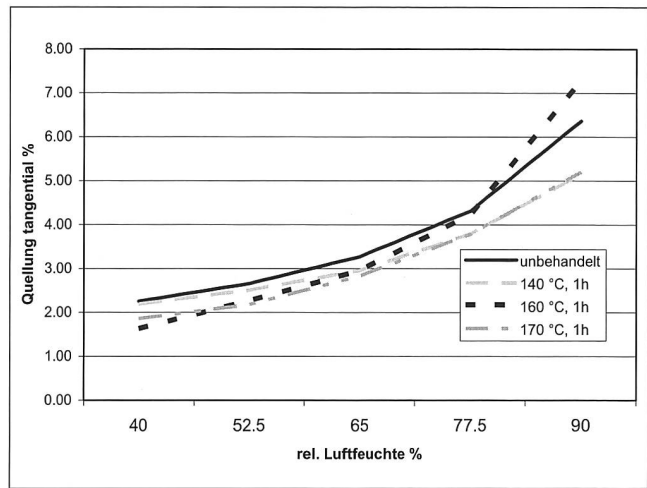


Abbildung 9: Quellung tangential von *Eucalyptus nitens* nach hydrothermischer Behandlung.

bunden mit der Abspaltung von Essigsäure aus den Acetylgruppen der Hemicellulosen zurückzuführen. Hinzu kommt eine grössere Degradation der kurzkettigeren Moleküle der Hemicellulose.

Ausserdem wird durch die Hydrolyse der Hemicellulose diese in Monosaccharide wie Manose, Xylose und Arabinose umgewandelt (FENGEL & WEGENER 1989, SJÖSTRÖM 1993). Diese sind wasserlöslich und werden extrahiert. *Abbildung 3* zeigt diese Abhängigkeit. Der Anteil an Holocellulose geht leicht zurück. Der Ligninanteil steigt bei *Picea abies* leicht und sinkt bei *Eucalyptus nitens* leicht (*Abbildung 2*).

Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen: Oberhalb von 140 °C kommt es zu einer wesentlichen Veränderung im Anteil an extrahierbaren Bestandteilen. Sowohl der Anteil an Heisswasserextrakten als auch der Anteil an in 1-prozentiger NaOH extrahierbaren Bestandteilen steigt. Bei *Picea abies* kommt es zu einer stärkeren Reduzierung des Anteils an Pentosanen als bei *Eucalyptus nitens*. Der Holocelluloseanteil sinkt bei beiden Holzarten mit steigender Temperatur leicht ab.

3.2 Gleichgewichtsfeuchte und Quellung

Die Gleichgewichtsfeuchte verändert sich bei *Picea abies* nur im geringen Umfang, ebenso das Quellverhalten (*Abbildung 4 bis 6*). Eine gewisse Veränderung der Gleichgewichtsfeuchte ist nur im Bereich der Chemo- und Physisorption vorhanden. Dort ist sie leicht reduziert. Im Bereich der Kapillarkondensation gibt es keine Unterschiede im Sorptionsverhalten mehr. Die Quellung wird wenig beeinflusst. Bei hoher relativer Luftfeuchte steigt sie in tangentialer und auch radialer Richtung tendenziell sogar leicht an. Gleichgewichtsfeuchte und Quellung von *Eucalyptus nitens* sinken durch die hydrothermische Behandlung zumindest im Bereich der Physi- und Chemisorption leicht ab (*Abbildung 7 bis 9*). Im Bereich der Kapillarkondensation steigt sie bei 160 °C dagegen leicht an, bei 170 °C fällt sie leicht ab. Dabei schwanken die Werte allerdings erheblich.

Eine deutliche Reduzierung der Gleichgewichtsfeuchte und der Quellung, wie sie für eine Behandlung in Sauerstoffatmosphäre oder bei Abwesenheit von Sauerstoff bei Temperaturen im Bereich von 200 °C typisch ist, ist nicht nachweisbar.

Zusammenfassung

Picea abies und *Eucalyptus nitens* wurden 60 Minuten in einem Autoklav mit überhitztem Wasserdampf bei einer Temperatur von 140 bis 170 °C behandelt. Mit zunehmender Temperatur stieg dabei der Druck im Autoklav. Gemessen wurde die chemische Zusammensetzung in Abhängigkeit von der Behandlung (prozentuale chemische Zusammensetzung des Materials, der Anteil extrahierbarer Stoffe und der pH-Wert). Mit Erhöhung der Temperatur sank der pH-Wert, es stieg der Anteil der im Heisswasser extrahierbaren Bestandteile. Der Verlust an Pentosanen war bei Temperaturerhöhung bei *Picea abies* höher als bei *Eucalyptus nitens*. Während dessen war bei *Eucalyptus nitens* der Anstieg löslicher Bestandteile in Toluol, Warmwasser und 1-prozentiger Natronlauge höher als bei Fichte. Der Anteil extrahierbarer Bestandteile steigt oberhalb von 140 °C stark an. Die Gleichgewichtsfeuchte und die Quellung bei Wasserdampfadsorption veränderten sich bei beiden Holzarten kaum.

Summary

Influence of hydrothermal treatment on the chemical composition of *Picea abies* (L.) Karsten and *Eucalyptus nitens* (Deane & Maiden) Maiden

Wood of *Picea abies* and *Eucalyptus nitens* was heated for 60 minutes in an autoclave with overheated water vapour at temperatures of 140 °C to 170 °C. Pressure in the autoclave rose with increasing temperature. The chemical composition of the wood was ascertained according to the treatment (relative chemical composition, proportion of extractable substances and pH-value). With increasing temperature the pH-value fell while the proportion of substance extractable in hot water rose. The loss of pentosan due to temperature raise was higher for *Picea abies* than for *Eucalyptus nitens*. Meanwhile, the increment of soluble constituents in toluene, in warm water and in 1% NaOH solution was higher for *Eucalyptus nitens* than for *Picea abies*. The proportion of extractable substances increased strongly at temperatures above 140 °C. The equilibrium moisture content and the swelling due to vapour adsorption hardly varied for either species.

Résumé

Influence du traitement hydrothermique de *Picea abies* (L.) Karsten et de *Eucalyptus nitens* (Deane & Maiden) Maiden sur la composition chimique du bois

Picea abies et *Eucalyptus nitens* ont été traités durant 60 minutes en autoclave dans un bain de vapeur d'eau surchauffé à une température comprise entre 140 et 170 °C. La pression en autoclave augmente en fonction de la température. La composition chimique a été mesurée suivant le traitement effectué (pourcentage de la composition chimique du matériau, proportion de substances extractibles et pH). L'élévation de la température a entraîné une diminution du pH et une augmentation de la proportion de composants extractibles de l'eau chaude. La perte de pentosanes s'est avérée plus élevée pour *Picea abies* que pour *Eucalyptus nitens*. La hausse de la part des éléments solubles dans le toluène, l'eau chaude et une solution de 1% de soude caustique s'est par contre révélée plus forte pour l'eucalyptus que pour l'épicéa. La proportion de composants extractibles augmente considérablement en dessus de 140 °C. L'équilibre hydrique et le gonflement lors de l'adsorption de vapeur d'eau n'ont guère varié pour les deux essences.

Traduction: CLAUDE GASSMANN

Literatur

- EMÍLIA ROSA, M.; PEREIRA, H. 1994: The Effect of long term treatment at 100 °C–150 °C on structure, chemical composition and compression behavior of cork. *Holzforschung* 48, 3: 226–232.
- FENGEL, D.; WEGENER, G. 1989: *Wood: Chemistry, Ultrastructure, Reactions*. Walter de Gruyter. New York. 613 S.
- KOTILAINEN, R.; ALÉN, R.; TOIVANEN, T. 2001: Chemical changes in black alder (*Alnus glutinosa*) and European aspen (*Populus tremula*) during heating at 150–220 degrees in a nitrogen atmosphere. *Cellulose chemistry and technology* 35, 3–4: 275–284.
- MITSUI, K.; TAKADA, H.; SUGIYAMA, M.; HASEGAWA, R. 2001: Changes in the properties of light-irradiated wood with heat treatment. Part 1: Effect of treatment conditions on the change in color. *Holzforschung* 55, 6: 601–605.
- NAVI, P.; GIRARDET F. 2000: Effects of thermo-hydro-mechanical treatment on the structure and properties of wood. *Holzforschung* 54, 3: 287–293.
- NIEMZ, P.; MARIANI, S.; TORRES, M. 2003: Einfluss der thermischen Vorbehandlung auf Holz. *Holz-Zentralblatt*. 129, 42: 319.
- NUOPPONEN, M.; VUORINEN, T.; JAMSA, S.; VIITANIEMI, P. 2003: The effects of heat treatment on the behavior of extractives in softwood studied by FTIR spectroscopic methods. *Wood Sci. Technol.* 37, 2: 109–115.
- SJÖSTRÖM E. 1993: *Wood chemistry: fundamentals and applications*. Academic Press, San Diego, second edition, 293 S.
- TECHNICAL ASSOCIATION 1975: *Technical association of pulp and paper industry*. Tappi testing procedures.
- ZAMAN, A.; ALÉN, R.; KOTILAINEN, R. 2000: Thermal behavior of Scots pine (*Pinus sylvestris*) and silver birch (*Betula pendula*) at 200–230 °C. *Wood Fiber Sci.* 32, 2: 138–143.

Autoren

Prof. Dr.-Ing. habil. PETER NIEMZ, ETH Zürich, Institut für Baustoffe, Holzphysik, ETH Hönggerberg, HIF B 21.1, 8093 Zürich. E-Mail: niemz@ibwk.baug.ethz.ch
SILVANA MARIANI und MARCO TORRES, Instituto de Tecnología de Productos Forestales, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.