

## LIGNOVISIONEN

Schriftenreihe des Institutes für Holzforschung (ihf)  
gemeinsam mit dem  
Verband Holzwirte Österreichs - VHÖ  
beide an der Universität für Bodenkultur Wien

Band 3 / Issue 3

# Modifiziertes Holz – Eigenschaften und Märkte

## Modified Wood – Properties and Markets

Im vorliegenden Band "Modifiziertes Holz – Eigenschaften und Märkte" werden die Ergebnisse eines interdisziplinären Projektes an der Universität für Bodenkultur Wien (BOKU) zum Thema "Holzmodifikation" zusammengefasst.

Neben einem umfangreichen Literaturstudium zu verschiedenen Arten der Holzmodifikation und einem detaillierten Einblick in die Verfahren der Modifikation werden aktuelle Ergebnisse einer Versuchsreihe zur thermischen Modifikation und chemischen Modifikation (Acetylierung) vorgestellt und deren Einfluss auf ausgewählte Holzeigenschaften (z.B. Festigkeit, Steifigkeit, Quell- und Schwindverhalten, Dauerhaftigkeit) analysiert. Darauf aufbauend werden Parameter (z.B. Masseverlust bzw. Massezuwachs, Farbänderung etc.) zur Charakterisierung der Vergütung diskutiert.

In einem Querschnittsprojekt wird das Marktpotenzial von vergütetem Holz in ausgewählten Marktsegmenten wie Fenster und Fassaden abgeschätzt.

The present volume "Modified Wood – Properties and Markets" summarises the results of an interdisciplinary project at the University of Agricultural Sciences (BOKU) regarding the issue "Wood Modification".

Apart from extensive studies of literature on the various kinds of wood modification and a detailed view of the modification processes, current results of a test series regarding thermal and chemical modification are introduced and its influence on selected wood properties (e.g. strength properties, swelling/shrinkage, durability) is analysed. Based on these results parameters for the modification efficiency are discussed.

In a general cross-sectorial project the market potential of modified wood in selected market fields such as windows and facades are evaluated.

... mehr Information / more info:

Institut für Holzforschung - ihf  
Universität für Bodenkultur

Gregor-Mendel Straße 33  
A-1180 Wien

[www.boku.ac.at/holzforschung](http://www.boku.ac.at/holzforschung)

# Zusammenfassung / Summary

von Barbara Hinterstoisser and Margareta Patzelt

Die Modifikation des natürlichen Roh- und Werkstoffes Holz mittels thermischer und chemischer Verfahren eröffnet neue Anwendungsmöglichkeiten und eine Konkurrenzfähigkeit von Holz gegenüber synthetischen Materialien. Die Idee der Modifikation ist bereits über hundert Jahre alt, aber erst im letzten Jahrzehnt rückte sie wieder in den Mittelpunkt des Interesses von Forschung und Entwicklung. Die Chance liegt bei dem nachwachsenden Rohstoff Holz selbst. Gerade sein komplexer molekularer Aufbau birgt zahlreiche Möglichkeiten, gezielte, auf den Anwendungsbereich zugeschnittene Veränderungen vorzunehmen. Generell können durch chemische und thermische Modifikation von Holz besonders die Dimensionsstabilität sowie die Dauerhaftigkeit positiv beeinflusst werden.

Im vorliegenden Projekt wurde die Fichte als Versuchsholz ausgewählt, da gerade sie in unseren Breiten vielfach genutzt wird und gleichzeitig aber für ihre mäßige Dimensionsstabilität und geringe Dauerhaftigkeit bekannt ist. Das Fragenspektrum des interdisziplinären Forschungsprojektes umspannte den Bogen von grundlegenden Arbeiten zu den Modifikationsverfahren selbst, deren Auswirkung auf verschiedenste Werkstoffparameter, wie mechanische Eigenschaften und biologische Abbaubarkeit, bis hin zur Beurteilung der Marktchancen der neuen Werkstoffe im Bereich der Aussenanwendung.

Bei der thermischen Modifikation kommt es zu einem Masseverlust in Abhängigkeit von der verwendeten Parameterkombination (Feuchte, Wärme und Druck). Eine Erhöhung aller drei Faktoren bringt einen vermehrten Abbau von Holzsubstanz, besonders bei Durchführung der Versuche in Luftumgebung. Die Acetylierung von Holz mit Essigsäureanhydrid ist eine über Reaktionstemperatur, Reaktionsdauer und Katalysatorwahl gut steuerbare Reaktion. Es ließ sich ein gewünschter Ziel-Massezuwachs mit guter Reproduzierbarkeit erreichen. Die chemischen Änderungen konnten IR-spektroskopisch sehr gut verfolgt und die mit der Reaktion verbundene Gewichtszunahme quantifiziert werden. Sämtliche untersuchten Eigenschaften wurden durch die thermische Modifikation stärker verändert als dies bei den acetylierten Proben der Fall war.

Die Abbauprobe mittels Braunfäule- und Weißfäuleerreger ergaben, dass durch beide Modifikationsmethoden die Holzabbaurate durch die Prüfpilze erheblich verringert wurde. Die Modifikation führte zu einer enormen Steigerung der Dauerhaftigkeit von Fichtenholz von „wenig dauerhaft“ (Dauerhaftigkeitsklasse 4, nach ÖNORM EN 350-2) zu „sehr dauerhaft“ bis „dauerhaft“ (thermisches Verfahren) bzw. zu „sehr dauerhaft“ bis „mäßig dauerhaft“ (Acetylierung). Interessanterweise bot die Acetylierung gegenüber dem Weißfäuleerreger einen besseren Schutz als das thermische Verfahren. Dies erklärt sich vor allem daraus, dass bei der Acetylierung in erster Linie Lignin modifiziert wird. Die thermische Behandlung führte hingegen zu chemischen Veränderungen und Abbau besonders an den Hemicellulosen aber auch zu internen Polymerisationsreaktionen.

Durch die Modifizierung - sei es thermisch oder durch Acetylierung - wird die Oberfläche der Proben hydrophober, also wasserabweisender. Gleichzeitig bewirkt der erhöhte Säureanteil eine gute Wechselwirkung, d.h. gute Adhäsion bei der Verwendung von basischen Leimen. Besonders bei acetyliertem Holz und teilweise auch bei thermisch behandeltem konnten Verbesserungen der Oberflächeneigenschaften im Hinblick auf die Verleimbarkeit mit basischen Klebstoffen nachgewiesen werden.

Grundsätzlich zeigen alle bruchmechanischen Messwerte (Keilspaltversuche) des chemisch bzw. thermisch modifizierten Holzes eine Abnahme gegenüber den Messwerten des Ausgangsmaterials. Während durch die Acetylierung die Bruchzustände um ca. 20 % reduziert wurden, führte die thermische Behandlung zu einer weit größeren Verringerung dieser Eigenschaften um bis zu 60 %. Dies geht mit einer erheblichen Versprödung des Materials einher. Bei den Zugversuchen an Furnieren konnte bei beiden Modifikationsarten nur eine geringgradige Beeinträchtigung des E-Moduls festgestellt werden, die Zugfestigkeit war bei thermisch modifiziertem Holz um bis zu 60% verringert. Ähnliche Aussagen lassen sich über die Biegefestigkeit von thermisch modifiziertem Holz treffen, wo der E-Modul bei einer kurzzeitigen Behandlung um etwa 10 % anstieg und nach längerer Behandlungsdauer nur auf den Wert der unbehandelten Referenzproben zurückfiel. Auch die Biegefestigkeit zeigte einen minimalen Anstieg bei kurzer Behandlung und verringerte sich nach einem 24-stündigem Prozeß um etwa 10%.

Die Farbmessung der thermisch modifizierten Hölzer zeigte einen starken Zusammenhang zwischen den Farbparametern Helligkeit und Farbton und dem Masseverlust unabhängig von den verschiedenen Prozessvarianten. Daher könnte die Farbmessung zukünftig für die Regelung der thermischen Modifikationsprozesse eingesetzt werden. Mittels NIR-Spektroskopie konnte eine Klassifizierung der unterschiedlich lange thermisch behandelten Proben durchgeführt werden. Dies inkludiert die auch Möglichkeit für die Prozess- und Qualitätskontrolle.

Die Marktchancen für modifiziertes Holz in der Aussenanwendung (z. B. Fassaden, Fenster und Lärmschutzwände) sind durchaus gegeben, da gerade jene Holzeigenschaften verbessert werden, die von den Entscheidungsträgern als besonders wichtig für die Materialwahl gesehen werden. Dies gilt insbesondere für die Kriterien "Dauerhaftigkeit" und "Wartungsaufwand".

The chemical and thermal modification of the natural raw material wood provides new chances for wood as competitor to synthetic materials. The idea of modification appeared already more than hundred years ago but , however, during the last decade researchers and industry put it again in the focus of their interest. The complex structure of wood itself opens the possibilities of specifically modifying it for different purposes. Chemical and thermal modification in general change the dimensional stability and durability in a positive way.

In the presented project wood of Norway spruce was chosen as sample material, as spruce is the mostly used wood in our areas and is known for its weak dimensional stability and durability. The interdisciplinary work dealt with modification processes itself, the mechanical properties and the durability of the modified material and the market research, covering market structures and quantities, but also assess market chances for products made from modified wood.

Thermal modification furthermore led to a mass loss, which depends on the parameter combination used (humidity, temperature, pressure). Especially when treated in air, a high weight loss was obtained. Acetylation could be regulated via temperature, reaction time and choice of catalysator leading to adequate weight gain. The chemical changes followed by IR-spectroscopy also allowed a prediction of weight gain. In general material properties have been changed to a higher extent through thermal modification than through acetylation.

The durability tests applying certain test fungi showed rather clearly, that chemical as well as thermal modification lead to an enormous increase of durability of spruce wood. Acetylation turned out to specially block the white rot fungi attack, due to the fact that mostly lignin is supposed to be acetylated during the modification process. Thermal modification leads to chemical changes mainly in the hemicellulose matrix but also internal polymerisation reactions are expected to occur.

In general modification – chemically by acetylation and thermal - influenced the wettability and adhesion properties of wood. Modified wood appeared more hydrophobic and by that more water repellent. On the other hand an increase of the acid component of the surface free energy allowed a good interaction, i.e. good adhesion, with base glues.

The fracture mechanical properties of chemically as well as thermally treated wood decreased compared to those of the untreated wood. The fracture properties of acetylated wood are reduced by 20% and of thermally treated wood by 60%. The latter meaning that the wood becomes quite brittle. Tension tests of modified veneer showed that both kinds of modification didn't affect MOE significantly, thermal modification reduced tension strength up to 60%. Bending tests of thermally modified wood came to the result that short term modification even improved both bending strength (slightly) and MOE (up to 10%), a longer lasting process (24h) diminished bending strength by 10% and MOE to the value of untreated wood.

Colour parameters such as hue and lightness were significantly corresponding with weight loss independent from the way of thermal treatment. This effect could be used for future adjustments of modification processes.

It turned out that of course market chances exist for modified wood to be used in facades, windows and noise-reduction barriers as modification of wood improves those technical features which are seen as most crucial by decision makers for the