

Holzmodifizierung für den Fenster- und Fassadenbau:

Mehr als nur Holz

Prof. Dr. Holger Miltz und Andreas Krause

Die Nutzung tropischer Holzarten sowie der Einsatz von Holzschutzmitteln ist nicht nur in Deutschland – aufgrund ökologischer und gesundheitlicher Aspekte – in den letzten Jahren verstärkt und kritisch in der Öffentlichkeit diskutiert worden. Dadurch geriet die Holzindustrie zunehmend unter Druck. Verschiedene Arten der Holzmodifizierung sollen hier Abhilfe schaffen und neue Anwendungen für den Fenster- und Fassadenbau ermöglichen.

In den letzten Jahrzehnten stieg das Interesse an Verfahren, die mit Hilfe einer Holzmodifizierung die chemische Struktur der Zellwandsubstanzen verändern. In erster Linie zielt man auf die Erhöhung der Dimensionsstabilität und der Resistenz gegen Holz abbauende Pilze durch das Einbringen nicht biozider Stoffe. Daneben strebt man eine geringere Feuchtaufnahme und eine erhöhte Lichtstabilität des Holzes an. Im folgenden Text werden einige Verfahren vorgestellt.

Hitzebehandlung

Von allen Modifizierungsverfahren sind in Europa die Verfahren der Hitzebehandlung am weitesten entwickelt. Es werden momentan etwa 35000 m³ Holz mit verschiedenen auf dem Markt befindlichen Verfahren behandelt. Alle diese Verfahren, wie technisch unterschiedlich sie auch sind, machen sich das Prinzip zunutze, dass sich die Zellwandbestandteile bei erhöhten Temperaturen (über 150 °C) chemisch verändern, wodurch Eigenschaften wie Dauerhaftigkeit und Dimensionsstabilität verbessert werden.

Acetylierung

Eines der sehr gut wissenschaftlich erforschten Modifizierungsverfahren ist die Acetylierung des Holzes mit Essigsäureanhydrid. Durch die Reaktion von Holz mit Essigsäureanhydrid wird ein Teil der Hydroxylgruppen der Zellwand in Acetylgruppen überführt (Bild 1). Während der Reaktion entsteht als

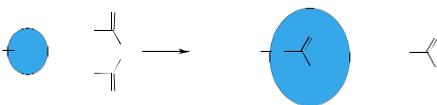


Bild 1: Chemische Reaktion der Acetylierung. Im Holz werden neue Acetylgruppen gebildet, Essigsäure wird abgespalten

Nebenprodukt Essigsäure, die wiederum in Essigsäureanhydrid überführt werden kann. Acetyliertes Holz ist noch nicht auf dem europäischen Markt verfügbar, kann aber in kleineren Mengen in Pilotanlagen in den Niederlanden und in Schweden hergestellt werden. Umfassende Literatur zur Acetylierung ist vorhanden.

Polymerisierbare Chemikalien

Der Einsatz von Mono- und Polymeren sowie natürlichen Harzen zur Holzmodifizierung wird schon seit langem praktiziert. Das Augenmerk der meisten Behandlungen richtete sich auf die Verbesserung der Festigkeitseigenschaften wie z. B. der Oberflächenhärte. Zu Beginn der 90er-Jahre wurde die Forschung mit diesen Chemikalien wieder belebt, nun jedoch nicht ausschließlich zur Verbesserung der physikalischen Eigenschaften, sondern auch zur Erhöhung der Dauerhaftigkeit und der Dimensionsstabilität. Die Stoffe lassen sich unterteilen in solche, bei denen das Harz mit Zellwandpolymeren chemisch reagieren kann oder solche bei denen das Harz ausschließlich in die Zelllumina eingelagert wird.

Einige der Verfahren befinden sich inzwischen bereits im Industriemaßstab bzw. auf der Schwelle dorthin.

Holzvernetzung

Für die Holzvernetzung werden verschiedene Chemikalien eingesetzt, die ihren Ursprung in der Textilindustrie haben. Ein Beispiel dafür ist DMDHEU (dimethylol-dihydroxy-ethylenurea). Dieser Stoff kann in die Holz Zellwände eindringen, dort polykondensieren und für eine Quervernetzung sorgen. Die Zellwände werden so in einem dauerhaft gequollenen Zustand fixiert. Die Quervernetzung (Bild 2) führt gleichzeitig dazu, dass das Holz nicht mehr bis zur ursprünglichen Größe quellen kann.

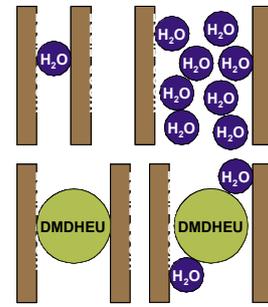


Bild 2: Wirkungsprinzip von DMDHEU. Durch Bulking und Quervernetzung wird das Quellen und Schwinden reduziert

Ein Zusammenschluss von Forschungseinrichtungen und Industrieunternehmen beabsichtigt, diesen Prozess in den nächsten Jahren auf den Markt zu bringen.

Melaminharze

Eine Verbesserung der Dauerhaftigkeit bis zu Dauerhaftigkeitsklasse 2 und eine Erhöhung der Dimensionsstabilität mit Quell-/Schwindverbesserungen bis zu 30 % erreicht man durch die Behandlung mit Melaminharzen. Die Verbesserung der Eigenschaften ist ganz wesentlich von dem verwendeten Harz und der Beladung abhängig.

Furfurylalkohol

Die ersten Prozesse der Furfurylierung von Holz wurden bereits vor einigen Jahrzehnten entwickelt. Furfurylalkohol ist eine erneuerbare Chemikalie, die aus hydrolysierten Biomasse produziert wird.

Die Eigenschaften von furfuryliertem Holz sind von der Beladung mit veredeltem/ polykondensiertem Furfurylalkohol (PFA) abhängig. Bei hohen Beladungsgraden wird ein weiterer Bereich an Holzeigenschaften wie Härte, Dauerhaftigkeit gegen Pilze und Insekten, Beständigkeit gegen Chemikalien, mechanische Eigenschaften und Dimensionsstabilität verbessert.

Furfuryliertes Holz wird voraussichtlich in diesem Jahr auf dem europäischen Markt erhältlich sein. In Norwegen befindet sich z. Z. ein Werk mit der Kapazität von ca. 15000 m³ im Aufbau.

Siliziumorganische Verbindungen

Siliziumorganische Verbindungen scheinen für die Modifizierung von Holz geeignet, da das vierwertige Siliziumatom Bindungen mit freien Hydroxylgruppen der Zellulose bilden und so funktionelle Gruppen im Holz binden oder vernetzend wirken kann. Ausgangsstoffe für die Modifizierung können z. B. Wasserglas, Alkoxysilane und Silikone sein, aber auch organische Verbindungen, die Silizium als Bestandteil einer funktionellen Gruppe enthalten.

Durch Einbringen von siliziumhaltigen Verbindungen ins Holz können die Dimensionsstabilität, die Dauerhaftigkeit, die Feuerfestigkeit und die Härte des Holzes verbessert werden.

Eigenschaften modifizierter Hölzer für den Fensterbau

Die Möglichkeit, modifiziertes Holz für den Fensterbau einzusetzen, wird derzeit in einem Gemeinschaftsprojekt verschiedener Industriepartner und Forschungsinstitute untersucht. Das Projekt „DISTA“ (Einheimisches, dimensionsstabilisiertes Holz für den Fenster- und Fassadenbau) wird durch das ISP, Rosenheim (Professor Schmid), koordiniert und durch die DGfH (Deutsche Gesellschaft für Holzforschung, München) betreut. Im Folgenden werden einige Beispiele für Materialeigenschaften gegeben, die u. a. in diesem Projekt untersucht werden. Das für die Versuche verwendete Material wurde durch die am Projekt beteiligten Partner eingebracht. Es handelt sich dabei um praxisrelevante Abmessungen (im Gegensatz zu den in der Literatur oftmals verwendeten Laborproben).

Dimensionsstabilität

Die Dimensionsstabilität des Holzes ist im Fensterbau von herausragender Bedeutung. Die Möglichkeit des Holzes zu quellen und zu schwinden ist abhängig von der Holzfeuchtigkeit, Holzart, Faserrichtung und Behandlung. Die einheimische Holzart Buche ist für ein sehr starkes Quellen und Schwinden bekannt und kann deshalb nicht für den Fensterbau eingesetzt werden (Bild 3). Dagegen quellen und schwinden verschiedene tropische Holzarten so wenig, dass sie eine sehr gute Eignung aufweisen. Wenn es durch Verfahren der Holzmodifizierung gelingt, das Quellen und Schwinden zu verbessern, eignen sich auch einheimische Holzarten deutlich besser für Anwendungen im Fensterbau. So würde Buche bei einer Verbesserung der Dimensionsstabilität um ca. 30 % das Niveau von Dark Red Meranti erreichen. Eine Verbesserung der Kiefer um 30 % oder der Buche um 60 % führt zu einem Quell-/Schwindverhalten, das sich mit dem von Tropenhölzern, wie etwa Teak, vergleichen lässt.

Bild 3: Quellen und Schwinden verschiedener Holzarten. Durch Modifizierung kann mit Buche das Niveau von Teakholz erreicht werden. Buche/30% bedeutet Buche, die durch Holzmodifizierung um 30% verbessert wurde. Das gleiche gilt für Kiefer/30% und Buche/60%

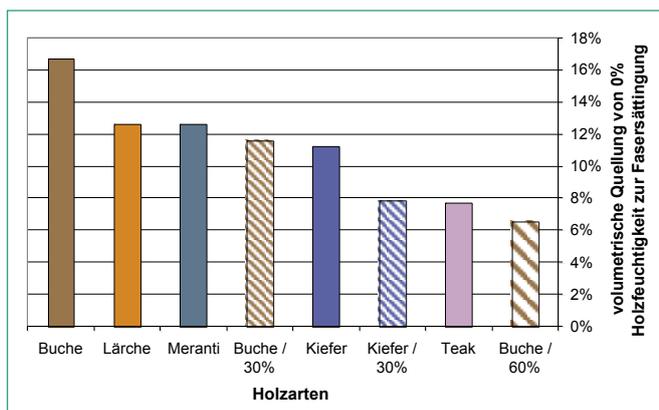
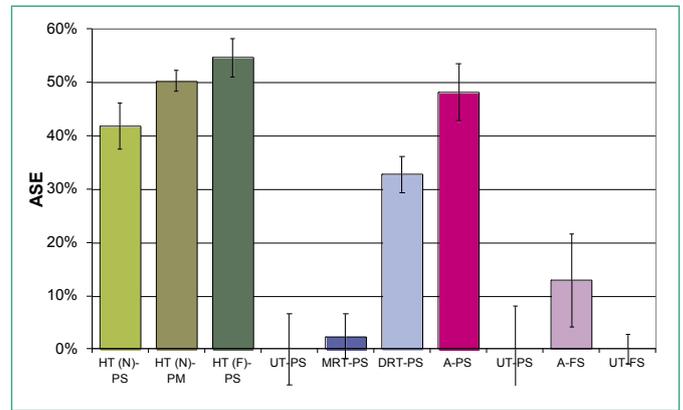


Bild 4: Quell-Schwindverbesserung (ASE) einiger Modifikationsverfahren: Die höchsten Verbesserungen erreichten Hitzebehandlung, Acetylierung und Holzvernetzung



Wie berichtet, sind viele Modifikationsverfahren in der Lage, Verbesserungen in diesem Maß zu erreichen. Bei dem untersuchten modifizierten Holz wurden Verfahren eingesetzt, die dieses Niveau erreicht haben (Bild 4). Die Reduktion des Quellens und Schwindens (ASE) von den im Projekt DISTA untersuchten Verfahren zeigt, dass Hitzebehandlung, Acetylierung und Holzvernetzung in der Lage sind, eine Quell-Schwindverbesserung zu erreichen, so dass diese Hölzer vergleichbar oder besser sind als Teak.

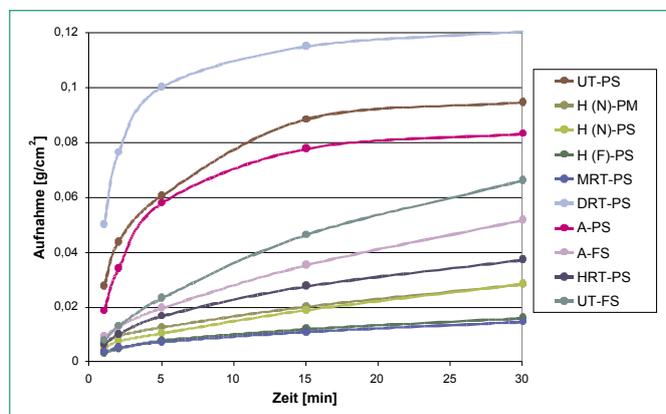
Dauerhaftigkeit

Eine weitere wichtige Eigenschaft von Holz für den Fensterbau ist die Dauerhaftigkeit. Diese Eigenschaft ist entscheidend, wenn ein Schaden am Fenster entstanden ist, in dessen Folge erhöhte Holzfeuchtigkeit und Pilzbefall auftreten können. Je höher die Dauerhaftigkeit des Materials ist, um so mehr Zeit steht zur Verfügung, um das Fenster

instand zu setzen, bevor irreparable Materialschäden durch Pilzbefall eintreten können. Durch Holzmodifizierung wird die Dauerhaftigkeit von nicht dauerhaften einheimischen Hölzern so stark erhöht, dass die Dauerhaftigkeit vergleichbar ist mit der von entsprechenden Tropenhölzern. An die Dauerhaftigkeit von mit bioziden Holzschutzmitteln behandeltem Holz werden allerdings noch höhere Anforderungen gestellt, die nicht von allen Modifizierungsverfahren erreicht werden können.

Hydrophobierung

Eine Möglichkeit Holz zu modifizieren ist die Hydrophobierung von Holz. Durch die verringerte und vor allem verzögerte Wasseraufnahme wird das Quellen und Schwinden des Holzes behindert und unterdrückt, so dass es zu verringerter Rissbildung des Materials kommt. Die mittlere Holzfeuchtigkeit wird so weit gesenkt, dass Pilze nicht angreifen können. Diese Verfahren wirken unterschiedlich



Bilder: Miltitz

Bild 5: Wasseraufnahme von modifizierten Hölzern. Die Hölzer mit Hitzebehandlung [H (N); H (F)], Melaminbehandlung [MRT] und Wachsbehandlung [HRT] zeigen die beste Performance

stark auf die Reduzierung der Wasseraufnahme. Hitzebehandeltes und mit Wachs imprägniertes Holz zeigen in diesen Versuchen eine besonders gute Performance (Bild 5). Unterschieden werden kann Hydrophobierung, die die Geschwindigkeit der Wasseraufnahme reduziert, und Hydrophobierung, bei der die Menge des aufnehmbaren Wassers reduziert wird. Viele Modifikationen wirken in einer Kombination beider Effekte.

Festigkeitseigenschaften

Die mechanischen Eigenschaften von modifiziertem Holz sind in vielen Fällen im Vergleich



zu unbehandeltem Holz verändert, wodurch es zu neuen Design-Möglichkeiten oder Notwendigkeiten kommen kann. Da die Eigenschaften von natürlichem Holz und von modifiziertem Holz oft schwanken und um zu zeigen, dass neue Materialeigenschaften bei modifiziertem Holz erwartet werden müssen, wird hier eine Einschätzung angegeben, in welche Richtung eine Änderung erfolgen könnte (Infokasten).

Lichtstabilität

Witterungseinflüsse greifen natürliches Holz stark an. Lignin wird durch UV-Licht zerstört und dann durch Wasser ausgewaschen. Um diesen Prozess zu verhindern oder zu reduzieren, gibt es zwei grundsätzliche Möglichkeiten:

- Verhinderung oder Reduzierung des Ligninabbaus
- Verhinderung oder Reduzierung der Auswaschung des abgebauten Lignins.

Hitzebehandeltes Holz besitzt keine höhere Lichtstabilität als unbehandeltes Holz; die braune Färbung vergraut ähnlich dem unbehandelten Holz. Für acetyliertes Holz konnte gezeigt werden, dass die Lichtstabilität be-

Veränderte mechanischen Eigenschaften modifizierter Hölzer:

Modifizierung	Mechanische Eigenschaften				
	Biegefestigkeit	Druckfestigkeit	Elastizitätsmodul	Härte	Bruchschlagarbeit
Hitzebehandlung	↓	↓	↓	↓	↓↓
Acetylierung	↑↓	↑↓	↑↓	↑	↑↓
Holzvernetzung	↑↓	↑	↑	↑↑	↓
Melaminbehandlung	↑↓	↑	↑↓	↑	↓
Furfurylierung	↑↓	↑	↑↓	↑↑	↓
Silizium	??	??	??	↑	??

Die mechanischen Eigenschaften der modifizierten Hölzer werden teilweise verändert. Dabei bedeutet: ↓ Verringerung ↑ Verbesserung
 ↑↓ keine Änderung ?? noch unbekannt

sonders in Verbindung mit einer Beschichtung gegenüber unbehandeltem Holz verbessert wird. Holzvernetzung, Melaminbehandlung, Furfurylierung und Öl-/Wachsbehandlungen sorgen durch eine reduzierte Auswaschung für eine verbesserte Lichtstabilität.

Verarbeitung

Wie die mechanischen Eigenschaften wird auch die Verarbeitbarkeit von modifiziertem Holz u.U. verändert. Wichtige Parameter wie die

Möglichkeit der Verklebung zu Lamellen, Fräsen und Beschichten müssen gewährleistet sein. Die Untersuchung im Projekt „Dista“ zeigt an vier unterschiedlichen Klebstoffsystemen, die in der Branche eingesetzt werden, dass es möglich ist, modifiziertes Holz ausreichend gut zu verkleben. Die besten Ergebnisse wurden dabei mit einem 1-Komponenten-Polyurethanklebstoff erreicht, der für alle untersuchten Verfahren akzeptable Ergebnisse zeigte. Ein herkömmlicher PVAc-Klebstoff führte im Gegensatz dazu in den meisten Fällen zu nicht akzeptablen Verklebungen. Erste Versuche zur mechanischen Bearbeitung und Beschichtung zeigen, dass es möglich sein wird, das Holz zu bearbeiten und optimal zu beschichten.

Hydrophobisierung von Glasoberflächen:

Leichtes Handling

Schon über 20 Jahre arbeiten das Haus Venjakob, Rheda-Wiedenbrück, und das Ingenieurbüro für Glastechnik (IfG) eng zusammen. Zu den neuesten Anwendungen der Zusammenarbeit zählt eine horizontale Anlage zum Hydrophobisieren von Glas.



Bild: IfG

Die jüngste Entwicklung von IfG ist eine Hydrophobisierungsanlage für Auto-Glas

Zu Beginn der Kooperation wurden schwerpunktmäßig Anlagen zur Lackabdeckung von sputterbeschichteten Brüstungselementen und Anlagen zum Auftrag von Transparentlacken auf Glas entwickelt. Von diesen Systemen hat sich der Schwerpunkt mehr und mehr zu Anlagen für die Glas-Veredelung hin verlagert.

So konnten z.B. in der jüngeren Zeit Spritzkabinen und periphere Einrichtungen geliefert werden für das Primern von Photovoltaik, die Behandlung von Glasoberflächen mit stark aggressiven Medien sowie horizontale und vertikale Anlagen zum Hydrophobisieren von Glas. Eine Anlage dieser Art in horizontaler Bauform wurde vor kurzem installiert. Damit (siehe Bild) werden für einen deutschen Automobilhersteller Seitenscheiben hydrophobisiert. In der Projektbearbeitungsphase wurden Versuchsserien mit verschiedensten Medien auf der Basis der Nanotechnologie erfolgreich durchgeführt. Dabei konnten Tropfen-Randwinkel von über 100° erzielt werden.

Der eigentlichen Applikationsanlage ist eine Waschmaschine zur Vorreinigung vorgeschaltet. Der Aufbau des Systems erfolgt in U-förmiger Verkettung, so dass für die Bedienung nur eine Person benötigt wird. Für spätere Leistungssteigerungen sind verschiedene Ausbauschritte nachrüstbar. Das aufzutragende Medium besteht zu über 95 % aus Alkohol. Deshalb wird die Spritzkabine in ex-geschützter Ausführung realisiert. Der hohe Verdunstungsgrad des aufzutragenden Mediums macht eine Trocknungsstrecke überflüssig; die Scheiben sind nahezu trocken, wenn sie die Spritzkabine verlassen.

IfG
 Ingenieurbüro für Glastechnik
 71334 Waiblingen
 Tel. (0 71 51) 4 87 97 70
 info@ifg-gmbh.de
 www.ifg-gmbh.de

Perspektiven für die Zukunft

In den letzten Jahren hat ein Umdenken bezüglich Holzrohstoffen und Oberflächenschutz stattgefunden: Der Kunde verlangt nach natürlichen, umweltfreundlichen Materialien. Der gleichzeitige Boykott von Tropenholz und die Ablehnung gegenüber vielen Holzschutzmitteln zwingt die Holzindustrie in Europa, neue Wege zu gehen und neue Prozesse zu entwickeln. Unkenntnisse der Materialeigenschaften können hier zu Fehleinschätzungen der Materialqualität führen. Zum Schutz von Verbrauchern sollten Programme initiiert werden, in denen die neuartigen Materialien wertfrei beurteilt werden.

Die Autoren:

Professor Dr. Holger Militz und Dipl.-Fowi. Andreas Krause arbeiten am Institut für Holzbiologie und Holztechnologie, Universität Göttingen, Deutschland. Prof. Militz ist Direktor des Instituts und beschäftigt sich intensiv mit Holzmodifizierung und Holzschutz sowie der Produktentwicklung entsprechender Holzschutzprodukte und -prozesse. Der vorliegende Artikel leitet sich von einem Vortrag der Autoren bei den Rosenheimer Fenstertagen 2003 ab.