



Im (Holz-) Kern verändert

Holz-Hightech-Material für die Welt von morgen

Holger Militz, Carsten Mai

Vergraute, unansehnliche Holzoberflächen, klemmende Fenster und abblätternde Farben – die Forschungen am Institut für Holzbiologie und -Holztechnologie der Universität Göttingen tragen dazu bei, dass diese Defizite bei der Verwendung heimischer Hölzer bald der Vergangenheit angehören. Prof. Dr. Holger Militz und seine 20 Mitarbeiter arbeiten an der Modifikation von Holz und dringen mit unterschiedlichen Stoffen in die Zellstrukturen ein, um sie zu verändern. Das Holz wird durch diese gezielten Eingriffe sehr viel widerstandsfähiger gegen Feuchtigkeit, Pilzbefall und UV-Strahlung und als nachwachsender Rohstoff zu einem modernen Verbundwerkstoff der Zukunft. Heimische Hölzer bleiben gegenüber anderen Materialien konkurrenzfähig und gleichzeitig kann auf den Import tropischer Harthölzer weitgehend verzichtet werden.

Holz ist einer der ältesten Werkstoffe der Menschheit und auch heute noch überall im Alltag zu finden: auf Böden, in Möbeln, in Bauten und Konstruktionen, als Holzwerkstoff in Span- und Faserplatten, als Zellstoff im Papier. Ökologisch und ökonomisch ist Holz nicht wegzudenken. Allein in Deutschland verbrauchen wir jährlich zirka 95 Millionen Kubikmeter Holz. Die deutsche Forst- und Holzwirtschaft trägt mit fast 600.000 Beschäftigten zu mehr als zwei Prozent an der gesamten deutschen Bruttowertschöpfung bei. Trotz des hohen Holzverbrauchs nehmen die Waldfläche und der darauf stehende Holzvorrat in Deutschland und vielen anderen europäischen Ländern seit Jahrzehnten ständig zu. Dies liegt daran, dass deutsche Wälder mit dem Prinzip der Nachhaltigkeit bewirtschaftet werden und nicht mehr Holz entnommen wird als nachwächst. Holz ist Teil des natürlichen Kohlenstoffdioxid-Kreislaufes – bei nachhaltiger Bewirtschaftung ist seine CO₂-Bilanz neutral. Mit dem Wachstum wird Kohlenstoff im Holz festgelegt und bleibt über die Nutzungsdauer in den Holzprodukten gebunden.

Studien belegen, dass der Verbraucher diese nachhaltige Nutzung verstärkt zur Kenntnis nimmt und Holz als ökologisch wertvolles und ästhetisches Material in vielen Anwendungsbereichen schätzt. Im Bau- und Konstruktionsbereich wird Holz auch aufgrund seiner

technologischen Vorteile häufig gegenüber anderen Materialien wie Metallen, Kunststoffen und Beton bevorzugt, da es in einem breiten Spektrum verschiedener Dichte, Farbe, Festigkeit und Dimension verfügbar ist und außerdem ein vorteilhaftes Verhältnis von Festigkeit zu Gewicht aufweist.

Die Holzzellwand – ein natürlicher Verbundwerkstoff

Holz ist ein biologisch abbaubares Material. Dieser ökologische Vorteil kann allerdings bei der Nutzung auch von Nachteil sein, da Holz von Mikroorganismen angegriffen wird und die Lebensdauer von unbehandeltem Holz deutlich hinter anderen Materialien zurücksteht. Ein weiterer Nachteil bei der Verwendung von Holz ist die problematische Dimensionsstabilität bei Änderungen der Umgebungfeuchte («Holz arbeitet») sowie der Angriff auf die Oberflächen durch die UV-Strahlung der Sonne.

Neben dem strukturellen Aufbau aus verschiedenen Zelltypen werden die physikalischen und chemischen Eigenschaften von Holz hauptsächlich durch die chemische Zusammensetzung der Zellwände bestimmt. Die verholzte Zellwand lässt sich als ein natürlicher Verbundwerkstoff bezeichnen, in dem Cellulosefibrillen als Gerüstsubstanz in eine Matrix aus Lignin und Hemicellulosen eingebettet sind. In diesen Polymerverbund sind sekundäre Inhaltsstoffe eingelagert, die dem



Holz als traditioneller Werkstoff im Hausbau

Holz seine charakteristische Farbe und auch seine natürliche Dauerhaftigkeit verleihen.

Sowohl die Eigenschaften von Cellulose und Hemicellulosen als auch die des Lignins werden hauptsächlich durch ihre Hydroxylgruppen bestimmt. So bewirkt ihre Saugfähigkeit (Hydrophilie), dass Wassermoleküle in die Zellwand eingelagert werden können, was zum Quellen des Holzes führt

und damit seine Dimensionsstabilität einschränkt. Die Aufnahme von Wasser erleichtert außerdem den Befall durch holzerstörende Pilze und Bakterien. Phenolische Hydroxylgruppen im Lignin können auf Grund ihres niedrigen Redoxpotenzials – Stoffe werden dabei gleichzeitig oxidiert und reduziert – leicht von extra-zellulären Enzymen holzabbauender Pilze angegriffen werden und stellen

so einen entscheidenden Angriffspunkt beim mikrobiellen Abbau des Holzes dar. Außerdem werden sie leicht durch UV-Strahlung oxidiert, was zu Veränderungen der Holzstruktur führt.

Chemische Holzmodifizierung – zwei Welten treffen sich

Diese »natürlichen Schwachpunkte« des Holzes auf Molekülebene wirken sich auf viele praktisch er-

PhD-Programm »Holzbiologie und Holztechnologie«

(red.) Das internationale PhD-Programm »Holzbiologie und Holztechnologie« ist Teil des Studienangebots der Fakultät für Forstwissenschaften und Waldökologie an der Georg-August-Universität. Es besteht seit vier Jahren und ist bundesweit das einzige Programm, mit dem in drei Jahren ein PhD-Abschluss im Bereich Holzwissenschaften erreicht werden kann. Der englischsprachige Studiengang wendet sich an internationale Studierende, die sich in Göttingen auf neuartige Technologien zur Modifizierung und Behandlung von Holz spezialisieren. Bei der Entscheidung für einen deutschen Studienort, spielt auch die lange deutsche Tradition in der nachhaltigen Waldbewirtschaftung

und die führende Stellung im Maschinenbau für die Holzverarbeitung eine Rolle. Das besondere Profil dieses Studienprogramms besteht in der Kombination einer intensiven Forschungstätigkeit mit berufsqualifizierenden Maßnahmen. Das Programm wird vom Deutschen Akademischen Austauschdienst (DAAD) mit insgesamt 450.000 Euro gefördert. Leiter des Studienangebots ist Prof. Dr. Holger Militz vom Institut für Holzbiologie und Holztechnologie.

Die Bewerberinnen und Bewerber haben bereits einen ersten, überdurchschnittlich guten Studienabschluss in den Bereichen Forst, Waldwissenschaften, Holzwissenschaften, Chemie, Biologie oder Biochemie. Die zur Zeit 36

Studierenden kommen aus 13 Ländern, darunter ein größerer Teil aus Asien, aber auch aus Europa und Afrika sowie Süd- und Mittelamerika. Viele der Promovenden arbeiten an Themen aus dem Bereich der chemischen oder biotechnologischen Holzmodifizierung oder an anderen holzrelevanten Fragestellungen, beispielsweise zu den Enzymen holzerstörender Pilze. Außerdem gehören zum Studienangebot Kurse in Präsentations- und Führungstechnik, Patentrecht und Innovationsmanagement. Auslandspraktika, Referate und öffentliche Auftritte bei Fachtagungen sowie Teamarbeit und Projektmanagement werden von den Teilnehmern erwartet.

fahrbare Holzeigenschaften aus und beschränken die Holzanwendung. Wer von uns kennt nicht das klemmende Fenster im Winter, den unerwünschten Pilzbefall in der Fensterecke oder den abblätternen Lack an der Außenfassade? Wissenschaft und Holzwirtschaft bemühen sich daher, neue Strategien zur Verbesserung der Holzqualität zu entwickeln, um den Rohstoff Holz einerseits gegenüber Tropenholzimporten und andererseits gegenüber anderen Materialien konkurrenzfähig zu halten.

Ein am Institut für Holzbiologie und Holztechnologie der Universität Göttingen verfolgter innovativer Ansatz beruht auf der chemischen Modifizierung des Holzes. Dabei wird mit Hilfe verträglicher Chemikalien gezielt in die Struktur der verholzten Zellwand eingegriffen. Die »molekularen Schwachpunkte«, vor allem Hydroxylgruppen der Holocellulose und des Lignins, sollen durch eine veränderte chemische Struktur modifiziert werden. Auf diese Weise versuchen wir, die Zellwand teilweise in einen permanent gequollenen Zustand zu versetzen, um das aktuelle Quellvermögen des Holzes einzuschränken. Gleichzeitig wird die Struktur der Zellwandpolysaccharide und des Lignins so verändert, dass sie nicht durch Enzyme holzer-

störender Mikroorganismen angegriffen werden kann. Dies führt zu einer Erhöhung der Resistenz gegenüber Pilzen, ohne Fungizide einzusetzen. Das entstehende Verbundmaterial besitzt vollkommen neuartige Eigenschaften, ohne die von der Natur gegebenen Vorteile (CO₂-Neutralität, Bearbeitbarkeit, Ästhetik) zu verlieren.

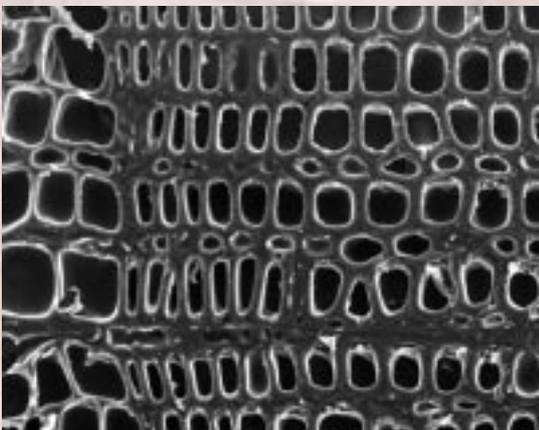
Doch bis dahin ist es ein langer Weg. In enger Zusammenarbeit mit der Holzindustrie und der chemischen Industrie arbeiten zur Zeit 20 Mitarbeiter am Göttinger Institut an diesem definierten Ziel. Sie suchen nach Stoffen, die sich in die komplexe Holzstruktur einbringen lassen und in der Lage sind, mit den Zellwandpolymeren des Holzes zu reagieren. Die erzielten Holzeigenschaften werden in zum Teil langwierigen Tests untersucht. Die Behandlungsverfahren müssen, wenn sie im Labor erfolgreich waren, auch in den Großanlagen der Industrie praktisch umsetzbar sein.

Weltweit befinden sich verschiedene Verfahren der Holzmodifizierung in der Entwicklung. Dabei haben die Verfahren zur thermischen Behandlung des Holzes den höchsten Entwicklungsstand erreicht. Thermo-Holz ist bereits auf dem Markt erhältlich. Weitere kurz vor der Kommerzialisierung stehende Verfahren sind die Acetylierung mit Essigsäurean-

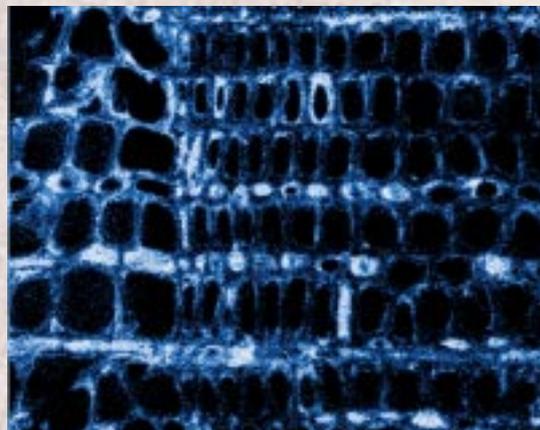
hydrid sowie die Behandlung mit Ölen, Paraffinen oder Wachsen, die das Holz wasserabweisend machen (hydrophobieren).

Neue Werkstoffeigenschaften durch Holzbehandlung mit Siliziumverbindungen

Die Behandlung mit Siliziumverbindungen ist ein Forschungsschwerpunkt am Institut für Holzbiologie und Holztechnologie, um die Verbesserung der »natürlichen Schwachpunkte« des Holzes zu erreichen. Förderung erhalten wir dabei von Industrieunternehmen und der Europäischen Union. In vielschichtigen Untersuchungen werden Verbindungen von teilweise höchst unterschiedlicher Natur eingesetzt, die verschiedenen Stoffgruppen angehören. Die Prozesse, die zur Behandlung von Massivholz eingesetzt werden, sind dem gegenüber für alle Arten von Siliziumverbindungen einheitlich. Es lassen sich zwei Verfahrensschritte unterscheiden: zunächst wird die Chemikalie – meist in einem geeigneten Lösungsmittel gelöst oder dispergiert – in das Holz eingebracht. Dabei soll möglichst der gesamte Holzkörper mit der Chemikalie und dem Lösungsmittel durchtränkt sein. Um dies zu erreichen, werden Vakuum- und anschließend Druckverfahren angewendet, wie sie auch bei konventio-



Rasterelektronische Aufnahme einer mit Silicon-Mikroemulsion behandelten Kiefernholzprobe (400-fache Vergrößerung)



Röntgenmikroanalyse (REM-EDX) der Siliziumverteilung in der Kiefernholzprobe. Die hellen Verfärbungen stellen Silizium-Ablagerungen dar.

nellen Imprägnierverfahren im Holzschutz bekannt sind. Die »Eindringtiefe« der Chemikalien bei diesen Verfahren variiert je nach Holzart sehr stark. So lassen sich beispielsweise Kiefern- und Buchenholz sehr gut imprägnieren, während die Chemikalien bei Fichtenholz aufgrund anatomischer Besonderheiten nur einige Millimeter eindringen. Im zweiten Schritt der Behandlung wird das imprägnierte Holz bei erhöhten Temperaturen getrocknet. Dabei härten reaktive Chemikalien im Holz aus.

Zu den rein anorganischen Siliziumverbindungen sind die kolloiden Silikate (Wassergläser) zu rechnen, die in Form alkalische Lösungen (pH-Wert höher als 12) vorliegen. Bei der Holzbehandlung werden die Silikate überwiegend in den Lumen der Zellen, das heißt in den Poren des Holzes abgelagert, dringen aber kaum in die Zellwand ein. Nach dem Trocknen des Holzes sind die Silikate zunächst noch nicht im Holz fixiert und können durch Wasser leicht ausgewaschen werden. Erst durch die Neutralisation zum Bei-

spiel durch den Kohlendioxidanteil der Luft kommt es zu einer so genannten Fällung der Silikate und damit zu ihrer auswaschbeständigen Fixierung. Das so entstehende »verkieselte« Holz weist eine erhöhte Resistenz gegenüber Pilzen auf. Allerdings werden andere materialtechnische Eigenschaften wie die Dimensionsstabilität (das Holz »arbeitet« weniger) oder die Festigkeit kaum verbessert.

Eine große Gruppe organischer Siliziumverbindungen bilden die Alkoxysilane. Diese Ver-

Kompetenznetz für Nachhaltige Holznutzung (NHN)

(red.) Im Kompetenznetz für Nachhaltige Holznutzung (NHN) kooperieren Hochschulen, Forschungseinrichtungen und Unternehmen in den Bereichen Holzproduktion, Holztechnologie und Holzverarbeitung sowie molekulare Biotechnologie. Nach einer erfolgreichen Aufbauphase führt das NHN seine Arbeiten seit Oktober 2005 in einem Verein weiter. Durch die Initiative führender Forschungseinrichtungen aus dem Forst-Holzbereich wurde das NHN im September 2002 an der Georg-August-Universität Göttingen gegründet. »Das Kompetenznetz begleitet Neuentwicklungen von der Idee über das Patent bis hin zum Produkt kompetent und dient Wissenschaftlern wie Produzenten als zentrale Anlaufstelle«, so der Vorsitzende des Vereins NHN, Prof. Dr. Holger Militz vom Institut für Holzbiologie und Holztechnologie der Universität Göttingen.

Die Göttinger Fakultät für Forstwissenschaften und Waldökologie, die Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst (HAWK), das Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigungs-

technik der Technischen Universität zu Braunschweig, die Niedersächsische Forstliche Versuchsanstalt sowie das Fraunhofer-Institut für Holzforschung (Braunschweig) sind Mitglieder des Vereines, an dem außerdem Partner aus der Industrie und mittelständische Unternehmen der Holzbranche aus der Region beteiligt sind. Das NHN wurde über einen Zeitraum von drei Jahren vom Niedersächsischen Ministerium für Wissenschaft und Kultur und dem europäischen Fonds für regionale Entwicklung mit 1,3 Millionen Euro gefördert.

Die langfristigen Forschungsschwerpunkte des NHN sind (1) die Entwicklung ökologischer und marktorientierter Waldbaustrategien, (2) die Schaffung einer modernen Logistik und effektiver Holzsortierungskonzepte, (3) die Herstellung innovativer Holzwerkstoffe, (4) Biotechnologie in der Holzwirtschaft, (5) Maßnahmen zum Schutz des Holzes wie Holzmodifizierung, Veredelung, Oberflächenbehandlung, Beschichtung und (6) Bearbeitung und Analyse von Produkten und Produktionsprozessen. Aktuell arbeitet das

NHN an sechs Forschungsverbundprojekten. Im August 2005 erhielt das NHN vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) den Zuschlag für das Projekt »Forst-Holz-Wertschöpfungskette Buche/Küstentanne« mit einer Gesamtfördersumme von 1,6 Millionen Euro. Seit Mai 2003 verfügt der Forschungsverbund über ein Biotechnikum auf dem Gelände der Universität. In der neu erbauten Halle werden Holzwerkstoffe mit modernen Pilotanlagen im industrienahen Maßstab für die industrielle Praxis erprobt. Außerdem wurde 2004 ein Beirat mit Experten aus Wirtschaft, Wissenschaft und Politik gegründet, der das NHN bei seiner strategischen Planung unterstützt. Seit Ende Januar 2005 ist das NHN Mitglied der bundesweiten Initiative kompetenznetze.de, die vom (BMBF) ins Leben gerufen wurde, um das internationale Standortmarketing der leistungstärksten Kooperationsverbände Deutschlands zu fördern. Geschäftsführer ist Burkhard Rüter, der bereits als Projektkoordinator am Aufbau des Netzwerkes mitgewirkt hat.

bindungen spalten in Anwesenheit von Wasser und teilweise von Katalysatoren Alkoholmoleküle ab (Hydrolyse). Die sich bildenden Siloxane neigen zur Kondensation (unter Abspaltung von Wassermolekülen) und bilden bei Verwendung von Tetraalkoxysilanen und vollständiger Kondensation dreidimensionale SiO_2 -Netzwerke («Glas»). Der Prozess – bestehend aus Hydrolyse und Kondensation der Alkoxysilane – wird als »Sol-Gel-Prozess« bezeichnet. Wird Holz mit einer alkoholischen Lösung von Alkoxysilanen imprägniert, zu der vor der Behandlung Wasser gegeben wurde, so kann der »Sol-Gel-Prozess« innerhalb der Holzsubstanz ablaufen.

Durch die Behandlung mit Tetraalkoxysilanen lassen sich eine verstärkte Dimensionsstabilisierung und eine Verringerung der Wasseraufnahme erreichen. Die Resistenz gegenüber holzerstörenden Pilzen wird zwar erhöht, die Wirkung konventioneller Holzschutzmittel kann allerdings nicht erreicht werden.

Demgegenüber lassen sich die Holzeigenschaften durch Organotrialkoxysilane deutlich verbes-

sern. Die Organotrialkoxysilane bilden ebenfalls in Anwesenheit von Wasser dreidimensionale Netzwerke im Holz, enthalten aber eine nicht-hydrolysierbare organische Gruppe. Durch die Anwesenheit einer solchen organischen Gruppe lassen sich die Eigenschaften der gebildeten Gele und damit auch des behandelten Holzes gezielt steuern. So hat die Verwendung von Alkyltrialkoxysilanen einen stark wasserabweisenden Effekt zur Folge, der auf die Wirkung der Alkylgruppe zurückzuführen ist. Wird das behandelte Holz über mehrere Stunden in Wasser getaucht, nimmt es deutlich weniger Flüssigkeit auf als unbehandeltes Holz.

Dieser wasserabweisende Effekt zeigt sich insbesondere, wenn das Holz einer natürlichen Bewitterung ausgesetzt ist. Obwohl die Behandlung einen oberflächlichen Angriff der Holzoberfläche durch ultraviolette Strahlung nicht verhindern kann, werden während der Bewitterung aufgrund der wasserabweisenden Eigenschaften deutlich weniger Abbauprodukte ausgewaschen, die durch die UV-Belastung gebildet wer-

den. Dadurch vergraut das Holz nicht mehr. Außerdem bekommt es sehr viel weniger Risse. Risse im Holz entstehen hauptsächlich dadurch, dass es quillt und sich anschließend wieder zusammenzieht (Quell- beziehungsweise Schwindbewegung). Auf Grund einer verringerten Wasseraufnahme ist außerdem die Wahrscheinlichkeit eines Pilzbefalls deutlich vermindert.

Während die Aufnahme von Wasser in flüssiger Form spürbar verringert wird, lässt sich die Ausgleichsfeuchte des Holzes, die sich durch Aufnahme von Luftfeuchtigkeit, das heißt von gasförmigem Wasser, einstellt, kaum reduzieren.

Durch die Wahl geeigneter funktioneller Gruppen in den Trialkoxysilanen kann die Resistenz gegenüber holzabbauenden und –verfärbenden Pilzen derart erhöht werden, dass ihre Schutzwirkung durchaus mit der konventioneller Holzschutzmittel vergleichbar ist. So konnte der Befall durch Oberflächenpilze im Laufe einer Außenbewitterung über viele Monate durch die Behandlung mit verschiedenen organo-funktionellen Silanen nahezu unterbunden



Ein Mitarbeiter des Göttinger Instituts für Holzbiologie und Holztechnologie bereitet Bohlen für den Imprägnierprozess vor.

Foto: NHN

werden, während unbehandelte Kontrollproben einen deutlich sichtbaren Befall zeigten.

Silikone sind eine weitere Gruppe von Siliziumverbindungen, die zur innovativen Holzbehandlung eingesetzt werden. Dabei handelt es sich um Polydimethylsiloxane, die je nach Verwendung durch spezielle funktionelle Gruppen abgeändert sein können. Wegen ihres hydrophoben Charakters sind Silikone im Allgemeinen nicht in Wasser löslich und werden deshalb überwiegend in Form so genannter wässriger Makro- oder Mikroemulsionen eingesetzt. Während die Eindringtiefe der Makroemulsionen innerhalb eines Holzkörpers relativ gering ist und die Silikone überwiegend in den Zelllumen (Holzporen) ab-

terung deutlich wird. Durch die Verwendung geeigneter funktionalisierter Silikone kann weiterhin ein Schutz vor Pilzen erreicht werden. In Versuchen, mit denen die Resistenz gegen holzerstörende Pilze untersucht wird, zeigen einige Silikone eine ähnliche Schutzwirkung wie konventionelle Holzschutzmittel. Auch verfärbende Pilze, die das Holz zwar nicht zerstören, aber unansehnlich machen, konnten vom Holz fern gehalten werden.

Die Untersuchungen zur Holzbehandlung mit Siliziumverbindungen zeigen, dass insbesondere die Nutzung von Organosilanen und verschiedener Silikone die Verwendung von Holz im Außenbereich deutlich begünstigt. Durch die Kombination von Hydrophob-

nologie der Universität Göttingen auch die Holzmodifizierung mit so genannten Textilvernetzern untersucht. Dabei werden Reaktandenvernetzer auf Basis von N-Methylolverbindungen eingesetzt, die in der Textilindustrie zur Hochveredlung von Baumwollfaser verwendet werden. Wie die Baumwolle, die nahezu ausschließlich aus Cellulose besteht, ist auch das Holz zu über 50 Prozent aus Cellulose aufgebaut. In dem Forschungsprojekt werden verschiedene Aspekte wie die Veränderung technologischer Eigenschaften (Dimensions- und UV-Stabilität, Dauerhaftigkeit, Festigkeit) des modifizierten Holzes, und die Entwicklung industriell umsetzbarer Prozesse erforscht. Ein von der DFG gefördertes Projekt untersucht die biologischen Mechanismen der erhöhten Resistenz der durch N-Methylolverbindungen behandelten Hölzer gegenüber holzerstörenden Pilzen, den so genannten Basidiomyceten. Zwei typische Vertreter von Pilzen, die Weiß- und Braunfäule verursachen, werden anhand mikroskopischer, spektroskopischer und biochemischer Techniken untersucht und die hervorgerufene Veränderung der Zellwände charakterisiert. In Abhängigkeit vom Modifizierungsgrad des behandelten Holzes werden Wachstum und Stoffwechsellaktivität der Pilze sowie die Aktivität von Enzymen, die am Abbau der verholzten Zellwand beteiligt sind, bestimmt. Die isolierten Zellwandpolymere Cellulose, Hemicellulosen und Lignin werden chemisch modifiziert, um zu ermitteln, ob die Enzyme der Pilze in der Lage sind, das veränderte Substrat umzusetzen.

Von den Ergebnissen des Projekts versprechen wir uns neue Erkenntnisse über die Funktionsweise neuartiger Modifizierungsverfahren, für die die Behandlung mit N-Methylolverbindungen modellhaft steht. Darüber hinaus sind aufgrund von gezielten Verände-



Wasserabweisender Effekt durch Behandlung von Kiefernholz mit einer Silanverbindung
Foto: NHN

gelagert werden, können die Mikroemulsionen auch in die Zellwand eindringen und dort eine Einlagerung der Silikone bewirken. Dies führt zu einer gewissen Dimensionsstabilisierung des Holzes.

Durch die Holzbehandlung mit Silikonen lassen sich ähnliche Verbesserungen der Holzeigenschaften erreichen wie durch Alkyltrialkoxysilane. Auch hier beruht die Wirkung hauptsächlich auf dem wasserabweisenden Charakter der Silikone, die beim Tauchen des behandelten Holzes in Wasser oder während der Bewit-

terung und pilzwidriger Wirkung können die »natürlichen Schwachpunkte« des Holzes weitgehend eingeschränkt und die Langlebigkeit von Holzprodukten, die ständig der Bewitterung ausgesetzt sind, deutlich erhöht werden.

Weitere Ansätze – Veredler aus der Textilindustrie

In verschiedenen durch die Industrie, die Deutsche Bundesumweltstiftung (DBU) und die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) geförderten Projekten wird am Institut für Holzbiologie und -tech-

rungen der verholzten Zellwand oder ihrer Bestandteile neue Erkenntnisse zum Mechanismus holzabbauender Pilze auch bei unbehandeltem, also natürlichem Holz zu erwarten. Ziel dieser und der vorab beschriebenen innovativen Techniken ist es, neue Stra-

tegien zur gezielten Veränderung der Holzeigenschaften abzuleiten. Dadurch wird es in Zukunft Holzschutz gänzlich ohne den Einsatz herkömmlicher Holzschutzmittel geben. Heimische Hölzer lassen sich so zu modernen Verbundstoffen mit attrakti-

ven Eigenschaften modifizieren und müssen auf dem Markt die Konkurrenz tropischer Harthölzer nicht fürchten. Die Veredelung heimischen Holzes kann so auch einen Beitrag dazu leisten, die Abholzung tropischer Wälder auf ein Minimum zu reduzieren. ◀

Wood is one of the oldest materials to have found manifold applications for constructions in the form of solid wood or as a raw material for the production of paper and composite materials. In spite of its excellent material properties, wood displays some natural weak points which limit its application. Its lack of dimensional stability under changing moisture conditions can cause a lack of fitting accuracy, the formation of surface checks and cracks, and significantly reduce the adhesion of coatings. In addition, wood is susceptible to attack and degradation through fungi, insects and weathering.

Chemical modification aims at limiting these and other natural weak points by changing the material properties of wood. During the last decade, some modification technologies such as heat treatment, acetylation and furfurylation have already reached readiness for marketing or are close to commercialisation.

A novel approach in wood modification at the Institute of Wood-Biology and -Technology is the treatment of wood with different types of silicon compounds. For the treatment, the whole wood body is impregnated with a silicon agent and subsequently heated in order to complete the reaction and to dry the wood. The silicon systems tested comprise colloidal silicates, solvent and water-borne alkyl trialkoxy silane systems and silicone emulsions. Depending on the chemical nature of the silicon compounds, the durability and fungal resistance of treated wood

are significantly enhanced. Organo-silicon systems, in particular, reduce the water up-take and limit swelling and shrinkage of wood during service life. Treated wood shows a minor tendency of crack formation and higher colour stability. In addition, the treatment minimises colonisation and degradation of wood by fungi. Thus, the treatment with organo-silicon systems such as alkyl trialkoxy silanes and silicones enables the long-term application of wood under outside conditions when wood is exposed to weathering.

Beyond these practical studies, other projects focus on the fundamental principles of fungal decay resistance imparted through chemical treatment. The change of material properties after modification is determined on a microscopic level. Metabolic activity and the production of enzymes provide new insights into the ability of the fungus to utilise the modified wood as substrate. This information enables a basic understanding of the mode of action of chemical modification and helps to develop more effective treatment systems.



Prof. Dr. Holger Militz, Jahrgang 1960, studierte Holzwirtschaft an der Universität Hamburg. Von 1987 bis 1991 war er am Centre for Timber Research in Delft (Niederlande) tätig. 1991 wurde er an der Universität Wageningen (Niederlande) promoviert und leitete anschließend neun Jahre lang die niederländische Forschungseinrichtung SHR Timber Research. 1995 wurde er an die Forstliche Fakultät der Universität Wageningen berufen. Dem Ruf an die Georgia Augusta folgte Prof. Militz im Jahr 2000. In Göttingen ist er Direktor des Instituts für Holzbiologie und Holztechnologie und Vorsitzender des Vereins Kompetenznetz für Nachhaltige Holznutzung (NHN). Prof. Militz lehrt und forscht unter anderem auf den Gebieten der Holztechnologie und des Holzschutzes, der Holzchemie und -verleimung sowie der chemischen Materialmodifikation. Außerdem arbeitet er in mehreren Gremien deutscher und europäischer Holzforschungsinstitutionen mit.



Dr. Carsten Mai, Jahrgang 1966, studierte Chemie an der Universität Göttingen, an der er 1998 am Institut für Forstbotanik promoviert wurde. Von 1998 bis 2000 war er als Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Forstbotanik tätig und forschte im Rahmen des DFG-Schwerpunktprogramms »Metabolismus und Wachstum von Pflanzen unter erhöhtem CO₂«. Seit 2000 ist Dr. Mai Wissenschaftlicher Assistent am Institut für Holzbiologie und Holztechnologie und leitet die Arbeitsbereiche »Holzmodifizierung mit Siliziumverbindungen« und »Pilzlicher Holzabbau«.