

Neue Wundermittel für den Holzschutz?

Nanotechnologie für Holzoberflächen

Neuerdings hört und liest man viel über Nanobeschichtungen zum Schutz von bewitterten Holzoberflächen. Wahre Wundermittel seien dies, wird in der Werbung manchmal versprochen. Doch welche Schutzfunktionen kann die Nanotechnologie tatsächlich erfüllen, welche technologischen Ansätze stehen dahinter und wo liegen heute die Grenzen dieser Produkte?

Die Nanotechnologie ist ein aktuelles Forschungsgebiet, dem ein grosses Potenzial für technische Entwicklungen beigegeben wird und aus dem bereits eine Vielzahl von neuen Anwendungen her-

Dr. Gerhard Gruell*

vorgegangen ist. Sie beschäftigt sich mit einer faszinierenden, kleinen Welt mit unvorstellbar kleinen Strukturen in der Grössenordnung von 10^{-9} m (entspricht 1 nm). Der Durchmesser eines Nanopartikels verhält sich zu einem Fussball etwa so wie der Durchmesser eines Fussballs zur Erdkugel!

Die Grundlagen für die Herstellung und Manipulation von Strukturen im Nanometerbereich liefern einerseits immer präziser werdende Fertigungsmethoden, die in immer kleinere Massstäbe vordringen (*Top Down Ansatz*) und andererseits chemische Technologien zur Funktionalisierung von Molekülen und Ausbildung von organisierten Schichten und Strukturen (*Bottom Up Ansatz*). Nicht selten dient die Natur als Vorbild für technische Entwicklungen, da bestimmte Funktionalitäten, die bei Tieren und Pflanzen zu beobachten sind, auf perfekt ausgebildete Feinstrukturen zurückzuführen sind, die vom Menschen jedoch nur unvollkommen nachgebaut werden können.

Der Begriff «Nanotechnologie» definiert sich nur über die Grösse der Strukturen oder Partikel, die zur Anwendung kommen. Diese liegen zwischen 1 nm



Viele moderne Holzhäuser (hier das Passivhaus «Sunny Woods» am Stadtrand von Zürich) benötigen guten Holzschutz.

und 100 nm, also in der Grössenordnung von Molekülen und Molekülgruppen. Die Anwendungsbereiche sind daher sehr vielfältig und viele Entwicklungen und Forschungsansätze liegen auf den Gebieten der Elektronik, Medizin und Biotechnologie.

Nanobeschichtungen zum Schutz für bewitterte Holzoberflächen sind in den letzten Jahren verstärkt am Markt aufgetreten und werden intensiv beworben. In der Vermarktung werden die Produkte im Vergleich zu üblichen Beschichtungen mit Lacken und Lasuren meist als Alternative mit vielen Vorteilen dargestellt. Man muss sich daher die Frage stellen: «Bringt die Nanotechnologie das Wundermittel für Holzoberflächen?»

Feuchteschutz mit Nanotechnologie

Eine grosse Zahl an Nanoprodukten wird zur *Hydrophobierung des Holzes* angeboten, häufig in Form von Sprays. Durch den Auftrag von sehr dünnen Schichten erreicht man in der Tat ein Abperlen von Wassertropfen, was auch auf

Hirnholzflächen und Rissen funktioniert. Dies soll einen Feuchteintritt verhindern, während die Wasserdampfdurchlässigkeit der Oberfläche nicht vermindert wird. Von dem so erzielten «Gore-Tex®-Effekt» verspricht man sich einen optimalen Feuchtehaushalt des Holzes.

Diese Nanoprodukte sind so genannte *Nanosole*. Sie basieren auf der Sol-Gel-Technologie und enthalten organofunktionelle Silane oder Siloxane (Mai et al. 2003). Das sind Bausteine aus Siliziumverbindungen, die mit bestimmten funktionellen Gruppen versehen werden, durch welche sich die Eigenschaften gezielt einstellen lassen. Dadurch können bifunktionelle Moleküle erzeugt werden, die auf der einen Seite hydrophobe (wasserabstossende) oder hydrophile (wasseranziehende) Endgruppen zur Beeinflussung der Oberflächeneigenschaften aufweisen, und auf der anderen Seite Gruppen zur Anbindung an das Substrat. Auf der Holzoberfläche kommt es zu einer Selbstorientierung und Vernetzung dieser Moleküle, so dass nach theoretischen Modellen eine nanometerdünne Schicht aus einer Moleküllage (*SelfAssembled*

* Holzforschung Austria, AT-1030 Wien, www.holzforschung.at

Monolayer) mit gerichteten Eigenschaften entsteht (Bhushan 2007). Zum Substrat sollen möglichst hohe Bindungskräfte ausgebildet werden, und an der Oberfläche bewirken die funktionellen Endgruppen den gewünschten Effekt.

Derartige Produkte zeigen auf Holzoberflächen faszinierende Abperleffekte. Untersucht man den Feuchteschutz dieser Beschichtungen in einem Wasserlagerungsversuch, dann ist im Vergleich zu unbehandeltem Holz eine gewisse Reduktion der Wasseraufnahme von beschichteten Proben erkennbar (Abb. 1). Deutlich bessere Effekte werden aber mit Dünnschichtlasuren erreicht, die Bindemittel enthalten. Dauerberegnungsversuche liefern sehr ähnliche Ergebnisse. Die Wasserdampfdurchlässigkeit der Oberflächen wird durch die Nanobeschichtungen praktisch nicht verändert. Ein etwas besserer Feuchteschutz kann auf Holz durch Imprägnierungen mit nanoskaligen Produkten in hoher Konzentration erreicht werden (Mai et al. 2005, De Vetter und Van Acker 2005).

Hydrophobierende Nanobeschichtungen zeigen auf bewitterten Holzoberflächen nur eine bedingte Wirksamkeit. Sie weisen in der Regel keinen Lichtschutz und keinen bioziden Schutz für die Holzoberflächen auf und können deshalb die Abwitterungsprozesse des Holzes nur relativ kurze Zeit verzögern. In Bewitterungsversuchen hat sich im Vergleich zu unbehandeltem Holz eine geringere Rissbildung und Erosion von Holzoberflächen gezeigt, die Vergrauung des Holzes konnte aber nicht verhindert werden. Kombinationen mit klassischen Holzbeschichtungen sind möglich, aufgrund der Hydrophobierung ist aber die Verträglichkeit der Beschichtungsstoffe einschliesslich Renovierungsprodukte zu bedenken, um Haftungsstörungen zu vermeiden.

Lichtschutz mit Nanotechnologie

Bei lasierenden Beschichtungen auf Holzoberflächen wird oft eine hohe Transparenz gewünscht. Ideal wären farblose Beschichtungen, mit denen die natürliche Farbe des Holzes erhalten bleibt. Die Nanotechnologie liefert hierzu transparente Lichtschutzmittel für Lacke. Es handelt sich dabei um nanoskalige anorganische Pigmente wie TiO_2 , ZnO oder Eisenoxid, die so kleine Partikel aufweisen, dass das sichtbare Licht nicht mehr gestreut wird und sie ihre Eigenfarbe verlieren (Brock et al. 1998). In Beschich-



Faszinierende Abperleffekte durch Nanosole. Das Holz nimmt aber trotzdem Wasser auf, wenn auch weniger als unbehandelt.

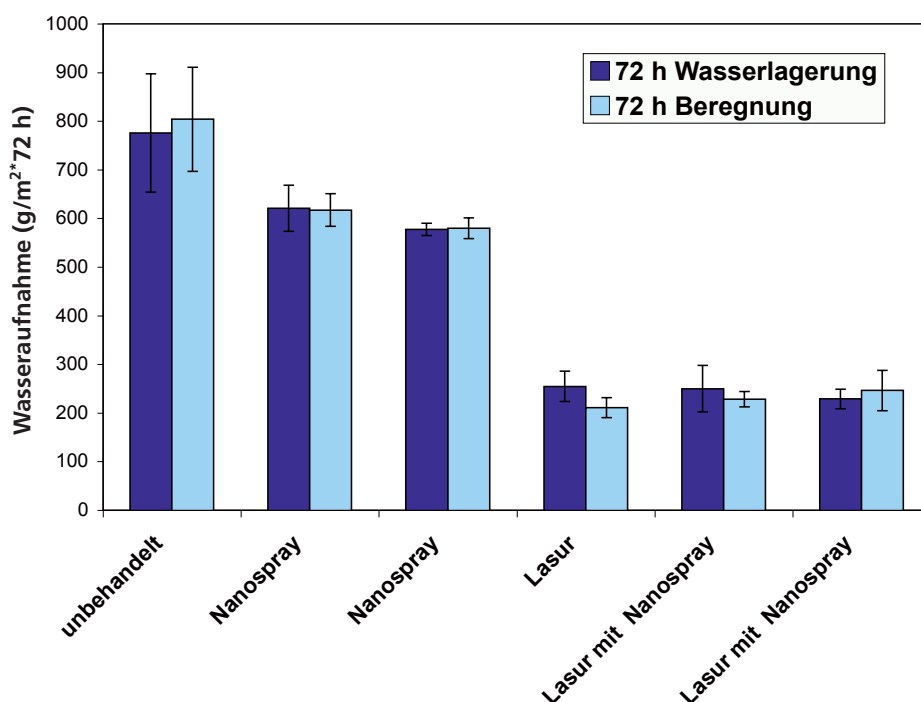


Abbildung 1: Ergebnisse von Wasserlagerungsversuchen nach EN 9275 und Dauerberegnungsversuchen über 72 Stunden mit beschichteten Fichtenholzproben im Vergleich zu unbehandeltem Fichtenholz.

tungsfilmen verteilt, absorbieren diese nanoskaligen transparenten Pigmente den UV-Anteil des Sonnenlichtes sehr gut und bieten damit einen guten Lichtschutz für das Holz (Abb. 2). In Kombination dazu werden andere transparente Lichtschutzmittel wie organische UV-Absorber und

HALS (Hindered Amine Light Stabilizer) eingesetzt. Mit diesen Additiven wird nicht nur die Holzoberfläche, sondern auch das Bindemittel des Lacks vor UV-Licht geschützt, um den fotochemischen Abbau der Holzsubstanz und die Versprödung des Bindemittels zu verhindern.

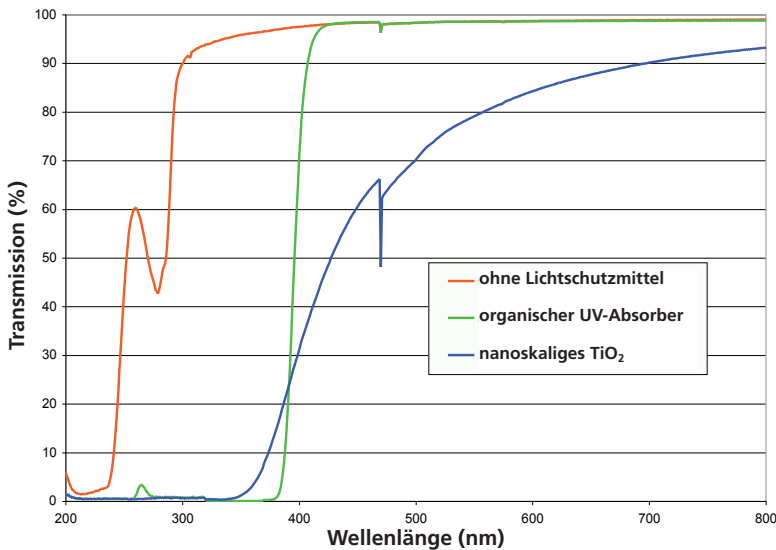


Abbildung 2: Vergleich der Lichtdurchlässigkeit von transparenten Beschichtungsfilmen mit und ohne Lichtschutzmittel.

Auf diese Weise kann die Dauerhaftigkeit von farblosen Beschichtungen bei Bewitterung deutlich verbessert werden. Entscheidendes Kriterium dafür ist die richtige Abstimmung der Lichtschutzadditive im Beschichtungssystem, bestehend aus Grundierung und Deckbeschichtung. Die Schichtdicke der Deckbeschichtung spielt für die Wirksamkeit der transparenten Pigmente eine Rolle. Je höher die Schichtdicke, umso besser ist die UV-Absorption. Nanoskalige anorganische Pigmente können mitunter den Beschichtungsfilm etwas milchig erscheinen lassen.

Selbstreinigende Oberflächen mit Nanotechnologie

In der Funktionalisierung von Oberflächen wird bei verschiedenen Anwendungen ein Selbstreinigungseffekt oder eine leicht zu reinigende Oberfläche (*easy to clean*) angestrebt. Ein sehr bekanntes Vorbild aus der Natur ist das Blatt der Lotuspflanze (*Netumbo nucifera*), bei dem aufgrund einer feinen Mikrostruktur in Verbindung mit eingelagerten Wachskristallen eine stark wasserabweisende Wirkung erzielt wird. Gleichzeitig können Verschmutzungen nicht an der Oberfläche anhaften und die Schmutzpartikel werden vom Regenwasser leicht abgewaschen (*Barthlott und Neinhuis 1997*).

Eine Holzoberfläche weist aufgrund des Holzaufbaus und der Qualität der Bearbeitung (sägerau, gehobelt, geschliffen) bereits eine bestimmte Feinstruktur auf. Eine Oberflächenstruktur wie am Lotusblatt kann daher direkt auf der Holzoberfläche nicht erzeugt werden. Eine starke Hydrophobierung ist mit Nanosolen möglich, wie oben bereits beschrieben. Bewit-

terungsversuche von derartig behandelten Holzoberflächen haben aber gezeigt, dass damit allein noch kein Selbstreinigungseffekt zu erzielen ist. Oberflächen von Beschichtungen können hingegen mit Feinstrukturen versehen werden, wodurch der «Lotus-Effekt» hier besser nachgestellt werden kann. Bisher existieren am Markt erst Beschichtungen für mineralische Fassaden mit Selbstreinigungseffekt. Für Holzoberflächen sind noch keine marktreifen Produkte bekannt.

Ein weiterer Ansatz zur Selbstreinigung ist die Anwendung von fotokatalytisch aktivem TiO₂. Dieser nützt den Effekt, dass TiO₂-Pigmente bei Sonnenlichteinstrahlung an ihrer Oberfläche zur Bildung von Radikalen aus organischen Substanzen sowie Wasser und Sauerstoff beitragen. Solche Radikale können Verunreinigungen an der Oberfläche der Grenzfläche anlösen, aber auch Schadstoffe in der Luft abbauen. Dieser Effekt wird bei Keramikoberflächen, Dachziegeln, Fensterglas und Innenwandfarben bereits angewendet (*Burgeth 2006*). Für Holzbeschichtungen im Aussenbereich existieren derzeit noch keine Anwendungen. Wenn TiO₂ als Pigment in Lacken eingesetzt wird, hätte seine fotokatalytische Aktivität nämlich negative Auswirkungen: Das Bindemittel würde durch die gebildeten Radikale zerstört. TiO₂-Pigmente in Lacken werden daher mit einer sehr dünnen Beschichtung zum Beispiel aus SiO₂ überzogen, um die fotokatalytische Aktivität zu unterbinden (*Brock et al. 1998*).

Auf Glas werden Behandlungen mit Organosilan-Monolayern und fotokatalytisch aktivem TiO₂ bereits angewendet, um selbstreinigende oder *easy-to-clean*

Oberflächen zu erhalten. Die Hersteller dieser Produkte verfolgen zwei verschiedene Strategien: Einerseits wird versucht, mit einer extrem hydrophoben Ausrüstung des Glases mit Organosilan Monolayern ein Abperlen des Wassers und dadurch eine leichtere Reinigung (meist ohne Reinigungsmittel) zu ermöglichen. Im anderen Ansatz wird über die Aufbringung einer sehr hydrophilen und fotokatalytisch aktiven Beschichtung aus TiO₂ ein Selbstreinigungseffekt erzeugt, bei dem ein gleichmässiger Wasserfilm die abgelösten Verunreinigungen abwäscht. Beide Systeme werden schon heute industriell angewendet.

Biozide Ausrüstung mit Nanotechnologie

Die biozide Ausrüstung ist ein wichtiger Bestandteil von Beschichtungen auf bewitterten Holzoberflächen, vor allem um den Bewuchs mit Schimmel, Bläupilzen und Algen zu vermeiden, der zu Verfärbungen und zum Abbau von Beschichtungsfilmen beiträgt. *Nanosilber* wird dafür als alternativer Wirkstoff angeboten. Eingesetzt werden nanoskalige Silberpartikel, aus denen bei Anwesenheit von Wasser und Sauerstoff (also genau dann, wenn auch das Wachstum von Mikroorganismen möglich ist) Silberionen freigesetzt werden. Diese Ionen hemmen das Wachstum von Bakterien und Pilzen (*Haufe et al. 2005*). Silber ist für den Menschen nicht toxisch und bietet daher ein sehr gutes Verhältnis zwischen mikrobieller Aktivität und Toxizität (*Rössler 2006*).

Anwendungen liegen im Bereich von antibakteriellen Beschichtungen zum Beispiel in Krankenhäusern, auf Textilien (z.B. Matratzenbezüge) und auf Glasoberflächen für Flaschen und Ampullen. Bisher existieren für Holzoberflächen noch keine ausreichenden Erfahrungen mit Nanosilber als Biozid und dessen Wirksamkeit gegenüber holzverfärbenden Organismen (Schimmelpilze, Bläuepilze, Algen). Erste Ergebnisse aus Bewitterungsversuchen sind zum Teil gegensätzlich (*NanoSys GmbH 2007, Rössler 2006*).

Biozide können auch mit Nanosolen eingebracht werden, in welche Aminogruppen, quaternäre Ammonium-Verbindungen oder Bor eingebettet sind. Die hydrophobe Wirkung der *Organosiloxane* reduziert die Auswaschung, was vor allem beim fungiziden und insektiziden Wirkstoff Bor zu einer kontrollierten Abgabe führen kann (*Haufe et al. 2005*) (Anm.: Dieser Wirkstoff hat jedoch keine Wirk-

samkeit gegenüber Bläuepilzen). Kommerzielle Anwendungen derartiger Systeme im Holzbereich sind bisher noch nicht bekannt.

Wundermittel für Holzoberflächen?

Die Nanotechnologie bietet also viele Möglichkeiten, mit denen verschiedene Effekte und Schutzfunktionen auf Holzoberflächen erreicht werden können. Sie hat nach wie vor ein sehr grosses Entwicklungspotenzial und die zahlreichen Forschungsaktivitäten lassen in den nächsten Jahren weitere Fortschritte erwarten. Wunder kann man aber auch damit keine bewirken!

Der Schlüssel für erfolgreiche zukünftige Entwicklungen für den Holzbereich liegt wohl nicht im kontroversiellen Marketing, sondern in der sinnvollen Kombination von Funktionalitäten und der Symbiose mit der klassischen Lacktechnologie. Nanoschichten, Nanopartikel und Nanostrukturen sind eine interessante Erweiterung im Baukasten von Lackformulierern,

mit der zusätzliche Effekte realisiert und die intelligent in Beschichtungssysteme eingebaut werden können. Dabei ist immer zu bedenken, dass Beschichtungen für Holzoberflächen im Aussenbereich alle Funktionen erfüllen müssen, die für einen dauerhaften Schutz des Holzes notwendig sind.

Was bleibt sind die Wunder der Natur, die wir mit unseren begrenzten Mitteln der Technik immer wieder zu kopieren versuchen. Das gelingt uns bisher aber nur ansatzweise.

Literatur

- W. Bartholott, C. Neinhuis (1997): Purity of the sacred lotus, or escape from contamination in biological surfaces. *Planta* 202: 1–8.
- B. Bhushan (2007): *Handbook of Nanotechnology*. Ed.: Bushan, 2nd Edition, Springer Verlag, Berlin 2007.
- T. Brock, M. Groteklaes, P. Mischke (1998): *Lehrbuch der Lacktechnologie*. Vincentz Verlag, Hannover 1998.
- G. Burgeth (2006): Anwendung von fotokatalytisch aktivem TiO₂ in Wandfarben. *Proceed. Nano@surface, ofi Forschungsinstitut, Wien*.
- L. De Vetter, J. Van Acker (2005): Standard Testing of Organosilicon Compounds as Wood Modification Agents. *Proceed. 2nd European Conference on Wood Modification, University of Göttingen*.

H. Haufe, A. Thron, D. Fiedler, B. Mahltig, H. Böttcher (2005): Biocidal nanosol coatings. *Surface Coatings International Part B: Coatings Transactions* 88, Bl, 55 60.

C. Mai, S. Donath, H. Militz (2003): Einsatz von Siliziumverbindungen zur Holzvergütung. *Proceed. 23. Holzschutztagung der DGfH*.

C. Mai, S. Donath, O. Weigenand, H. Militz (2005): Aspects of Wood Modification with Silicon Compounds: Material Properties and Process Development. *Proceed. 2nd European Conference on Wood Modification, University of Göttingen*.

NanoSys GmbH (2007): Produktinformationen zu Nano Perl 118FAG, www.nanosys.ch.

A. Rössler (2006): Chancen der Nanotechnologie im Bereich Holzschutz. *Proceed. Nano@surface, ofi Forschungsinstitut, Wien*.

Dank

Die Grundlage für diesen Beitrag lieferten Literaturrecherchen und Forschungsergebnisse aus dem Forschungsprojekt «Brightwood – Entwicklung von hellen und transparenten Beschichtungssystemen für Holz im Aussenbereich mit neuen UV- und Feuchteschutzkonzepten unter Einbeziehung nanotechnologischer Ansätze». Dieses Projekt wird an der Holzforschung Austria im Rahmen des Kompetenzzentrums Holztechnologie mit Förderung durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit (BMWA), die Firmen Adler Werk Lackfabrik, Akzo Nobel Deco GmbH, Avenarius Agro GmbH, Ciba Speciality Chemicals Inc., Collano AG, Isocell VertriebsgmbH, Holz Leeb GmbH, NanoSys GmbH, Remmers Baustofftechnik GmbH, den Fachverband der Holzindustrie Österreichs und die Österreichischen Bundesforsten durchgeführt.