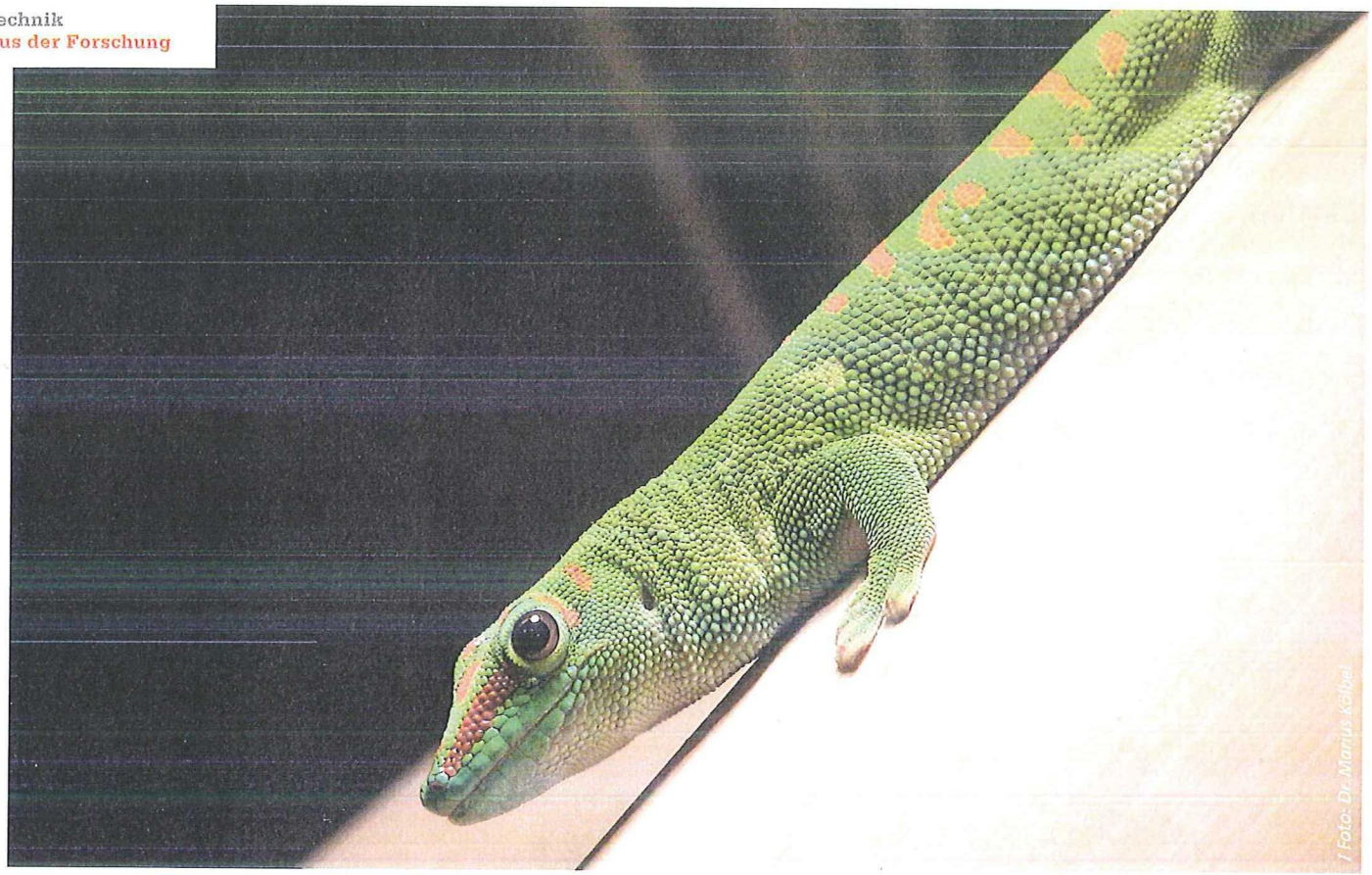


/ Die Nanostrukturen an den Füßen des Geckos sind Vorbild einer neuen Generation von lösbaren Klebematerialien, sogenannte Gecko-Tapes.

Nanotechnologie und Holz – aktueller Stand und Ausblick

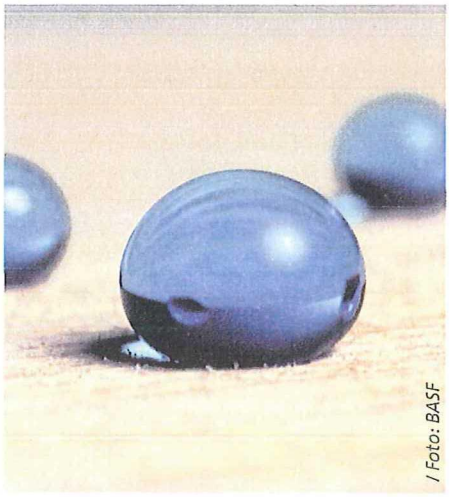
Kommt ein Zwerg zum Schreiner ...

Nanotechnologie (von „nanos", dem griechischen Wort für Zwerg) hat sich inzwischen einen festen Platz in unserem Alltag erobert. Und auch für den Schreiner ist es nur noch eine Frage der Zeit, bis auch er Umgang mit Holz haben wird, das vom Lieferanten auf die eine oder andere Weise mit Nanotechnologie behandelt wurde. **DR. MARIUS KÖLBEL**

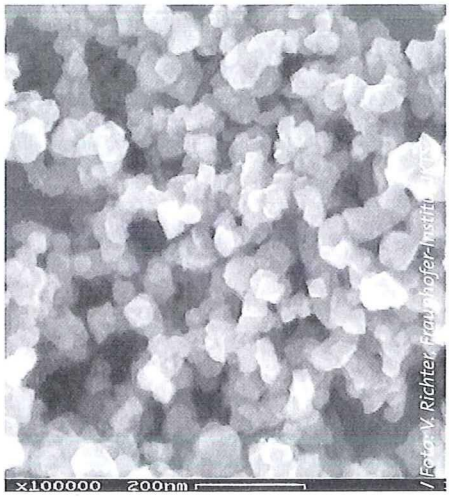
Die Entwicklung der Nanotechnologie wurde von reichlich Vorschusslorbeeren begleitet. Der Endverbraucher hält bislang jedoch nur ein recht überschaubares Sortiment an echten Nano-Produkten in Händen. In den meisten Fällen befinden sie sich in Form von Halbleiternanostrukturen in seinen elektronischen Geräten. Ansonsten findet er kratzfest beschichtete Brillen, Armaturen, Küchen- und Haushaltsgeräte, wasserabweisende Anstrichfarben, wetterfeste Outdoor-Kleidung, Sportartikel aus Nano-Verbundwerkstoffen sowie mit Nano-Silber veredelte Socken für die Bekämpfung des Fußgeruchs. Dieser Umstand hat bei vielen Verbrauchern zu dem Eindruck geführt, dass mit den euphorischen Verheißungen ein wenig zu hoch gegriffen wurde. Doch dieser Schein trügt. Im Investitionsgütermarkt spielt die Nanotechnologie längst eine fest etablierte Rolle. Unzählige Materialien und Herstellungsprozesse sind durch sie optimiert worden, ohne dass der Endverbraucher durch das Label „Nano" darauf aufmerksam gemacht wird. So sind nanotechnologiebasierte Antihaft-Beschichtungen auf Druckwalzen oder Spritzgussformen längst Standard. Die Energiewirtschaft nutzt antiadhäsive Nano-Beschichtungen zur Optimierung von Wärmetauschern. Bei vielen Gleitlacken im Automobil- oder Maschinenbau handelt es sich heute um Nano-Beschichtungen. Kohlenstoffnanostrukturen machen Karriere im Bereich der Leichtbaumaterialien. Auf Windkrafträdern verbessern Nano-Coatings die Aerodynamik und verhindern das Überfrieren. Zahlreiche jüngste Fortschritte in der Batterie- und Displaytechnik, an Solaranlagen, in der Abgaskatalyse, in der chemischen Industrie sowie im Bereich Brennstoffzellen verdanken sich der Nanotechnologie. Auch aus Pharmazie und Medizintechnik ist sie nicht mehr wegzudenken.

Stabiler, feuerbeständiger, weniger schädlich

Was aber bedeuten diese Entwicklungen konkret für den Schreiner? Zahlreiche Beispiele aus Forschung und Entwicklung zeigen, wohin es gehen könnte. Und auch wenn vielleicht nicht alle Lösungsansätze letztlich Marktreife erreichen, dürfte der Überblick doch verdeutlichen, dass Nanotechnologie mittelfristig auch beim Werkstoff Holz nicht mehr wegzudenken sein wird:



/ Heimische Hölzer werden mittels Nanoinfiltration Wasser, Schmutz und Öl abweisend.



/ Beschichtungen mit keramischen Nanopartikeln (hier Titancarbid) sind abrieb- und verschleißfest.

/ Ein „Gewebe" aus Nanoröhrchen kann Holzteile überwachen. Hier werden sie „gezüchtet".

• Um den Einsatz tropischer Harthölzer und toxischer Holzschutzmittel zu reduzieren, wurden im Rahmen eines Forschungsprojektes an der Universität Innsbruck heimische Weichhölzer mit einem als Nanoinfiltration bezeichneten Verfahren behandelt. Dieses ist inspiriert vom natürlichen Prozess der Verkieselung (Versteinerung) von Holz. Nach der Nanoinfiltration zeigt das Material eine deutlich verbesserte mechanische Stabilität und Brandfestigkeit. Außerdem hat es Wasser, Schmutz und Öl abweisende Eigenschaften und hält Schadinsekten auch ohne Einsatz toxischer Schutzmittel fern.

• An der Berliner Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung (BAM) verfolgt man mit einem anderen Ansatz ähnliche Ziele. Hier werden Kompositmaterialien aus Holz und Titandioxid-Nanopartikeln entwickelt und getestet. Die Forscher konnten feststellen, dass das Komposit eine beträchtlich erhöhte Stabilität in Wasser aufweist. Auch die mechanische Stabilität wurde verbessert, Entflammbarkeit und Brennbarkeit wurden gesenkt. Außerdem weist es eine signifikante Resistenz gegen Pilzbefall auf.

• Nanopartikel-Dispersionen können durch chemische Vernetzung in anorganische Gele überführt werden, die chemisch unbedenklich und enorm feuerbeständig sind. Sie können zum Brandschutz bei Türen in Frage kommen. Ihre Transparenz erlaubt auch den Einsatz bei Glastüren.

• Holz könnte ersetzt werden durch leichte, aber mechanisch überaus stabile Komposite aus Naturfasern wie Hanf oder Stroh, die durch einen Nano-Binder (der chemisch fast identisch mit den Brandschutzgelen ist) zusammengehalten werden.

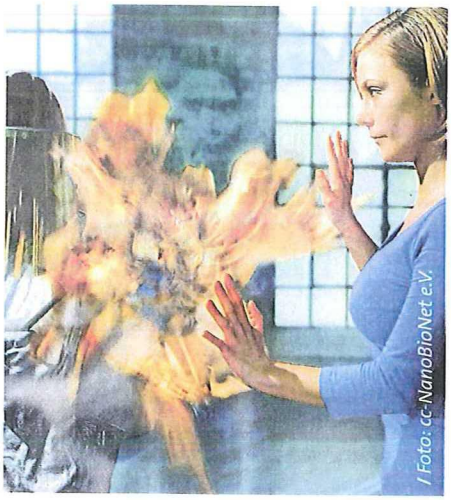
• Druckimprägniertes Holz hat den Nachteil, dass die giftigen Konservierungsmittel mit der Zeit an die Oberfläche treten, was eine Gefahr für Mikroorganismen, Insekten oder auch den Menschen darstellt. An der Michigan Technological University werden nun die Holzschutzmittel in Nanopartikeln aus Gelatine oder Chitosan, zwei ökologisch völlig unbedenklichen Naturstoffen, verkapselt. Diese Nano-Container können mit dem herkömmlichen Verfahren der Druckimprägnierung in das Holz eingebracht werden. Die bisherigen Ergebnisse der noch laufenden Studien zeigen, dass die Beständigkeit des Holzes die gleiche ist, wie bei konventionell behandeltem Holz – das Auslecken der Chemikalien konnte jedoch um 90 % reduziert werden. Zurzeit steht das Material im tropischen Klima Hawaiis im Langzeit-Belastungstest.

• Auch bei der Restaurierung und Konservierung von Holzobjekten kann Nanotechnologie hilfreich sein. Wissenschaftler der Universität Florenz gelang es, das berühmte, im Jahre 1628 gesunkene und 1961 gehobene schwedische Kriegsschiffes „Vasa" zu konservieren. Ihm drohte der Zerfall, weil das Holz durch Sulfat übersäuert war, das von Bakterien produziert wurde. Als optimale Rettungsmethode erwies sich hier die Imprägnierung des Holzes mit einer alkoholischen Dispersion von Calciumhydroxid-Nanopartikeln, die die Säure erfolgreich neutralisierten.

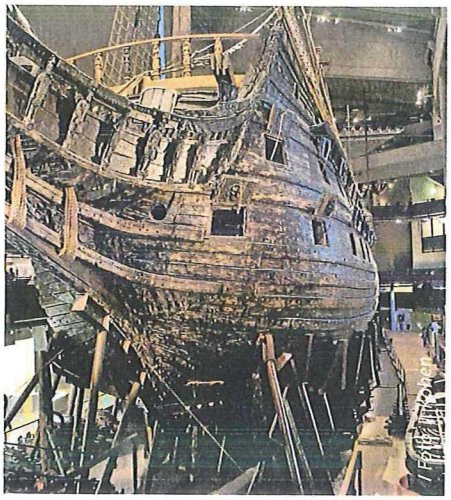
• Lösbare Klebeverbindungen könnten u.a. im Versandmöbelhandel interessant werden: Nach langen Jahren der Forschung, u. a. am

Was ist „Nano"?

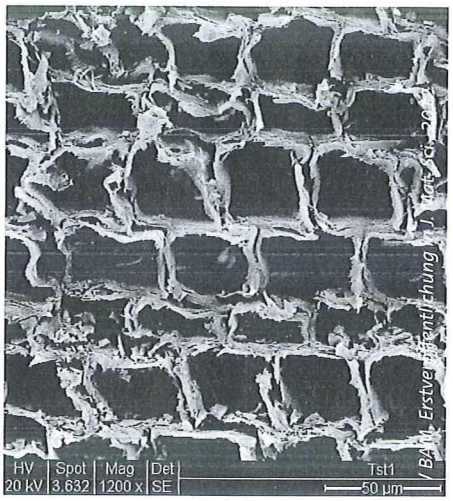
Eine erschöpfende Definition der Nanotechnologie fällt schwer. Für diesen Artikel, der sich vorwiegend mit Partikeln, Beschichtungen und dreidimensionalen Oberflächenstrukturen befasst, ist jedoch eine Definition aus dem materialwissenschaftlichen Blickwinkel völlig ausreichend. Die internationale Normungsorganisation ISO definiert Nanoobjekte, kurz gefasst, als solche, die in mindestens einer der drei Raumdimensionen kleiner als 100 Nanometer sind. Dieser Wert stellt eine Art „magische" Grenze dar, unterhalb der Stoffe andere physikalische und chemische Eigenschaften zeigen als in größerer Form. Die Ursache hierfür liegt im großen Verhältnis von Oberfläche zu Volumen und daraus resultierenden quantenphysikalischen Effekten.
Da Nanopartikel wesentlich kleiner sind als die Wellenlänge von sichtbarem Licht, findet mit diesem auch keine Wechselwirkung in Form von Brechung oder Reflexion mehr statt, weshalb sie praktisch unsichtbar sind und ohne Veränderung der optischen Anmutung in transparenten Beschichtungen oder Materialien verarbeitet werden können.
Nanopartikel bewahren aber auch manche Eigenschaften des Ausgangsmaterials, zum Beispiel seine Härte. Darum kann ultradünnen Beschichtungen, die Nanopartikel einer Hochleistungskeramik enthalten, eine Härte, Verschleiß-, Kratz- und Abriebfestigkeit verliehen werden, die mit der des keramischen Materials vergleichbar ist.



/ *Ein auf Nanotechnologie basierendes Brandschutz-Gel kann sogar in Glastüren eingesetzt werden.*



/ *Holzkonservierung mithilfe der Nanotechnologie: die Galeone „Vasa" im Museum in Stockholm*



/ *Kompositmaterialien aus Holz und Titandioxid-Nanopartikeln sind reinem Holz überlegen.*

BM-Praxistipp

Ein wenig gesunde Skepsis

Das vielgestaltige und anspruchsvolle Material Holz wird erst allmählich zu einem Thema für die Nanotechnologie. Informiert man sich über dieses Gebiet, stößt man zunächst auf eine ganze Reihe von Pflegemitteln und Versiegelungen, die den Terminus „nano" im Namen tragen. Hier ist ein wenig gesunde Skepsis angebracht. Bei vielen dieser Produkte handelt es sich um herkömmliche Lösungen, die den ungeschützten Begriff „nano" lediglich als innovativ klingendes Verkaufsargument verwenden.

Aber auch die Leistung von Produkten, die tatsächlich durch Nanopartikel funktionale Eigenschaften, vor allem Hydrophobie, verbessern sollen, ist umstritten. In Tests schnitten sie oft nicht besser, zuweilen auch schlechter ab, als konventionelle Formulierungen. Allerdings bieten sie oft einen deutlichen zusätzlichen Schutz, wenn sie auf herkömmliche Lasuren aufgebracht werden. Wirklich leistungsfähige und beständige Nano-Beschichtungen lassen sich beim derzeitigen Stand der Technik meist nur mit industriellen Methoden herstellen, die erhebliches Know-how voraussetzen.

In Ländern mit großer Forstwirtschaft, wie den USA und Kanada, sind bereits nationale Initiativen zur Implementierung von Nanotechnologie in der Holzindustrie ins Leben gerufen worden, und auch der finnisch-schwedische Holz- und Papiergigant Stora Enso engagiert sich seit Jahren intensiv auf diesem Gebiet.

Saarbrücker Leibniz-Institut für Neue Materialien, ist es heute möglich, das Haftprinzip des Geckos mit synthetisch erzeugten Nanostrukturen zu imitieren. Denn auch das erstaunliche Vermögen der Reptilien basiert auf den akkumulierten Anziehungskräften von Millionen Nanofasern an deren Füßen. Diverse sogenannte Gecko-Tapes sind bereits im Test. Die Stärke der Haftung entspricht derjenigen des natürlichen Vorbildes, und auch die Reversibilität des Prozesses kann man kopieren – allerdings nicht milliardenfach, sondern bestenfalls in einigen Dutzend Zyklen, was jedoch meist völlig ausreichend ist.

- Die Überwachung tragender Holzteile an Gebäuden oder Brücken ist oft aufwendig, die Entdeckung von Schwachstellen im Frühstadium schwierig. In einem gemeinsamen Projekt des amerikanischen Landwirtschaftsministeriums und der Iowa State University wurden erste Studien zum Einsatz von Kohlenstoff-Nanoröhrchen in diesem Bereich durchgeführt. Ein Blättchen eines „Gewebes" aus Nanoröhrchen, ein sogenanntes „Buckypaper", wird dabei auf dem Holz angebracht und fungiert als Dehnungssensor. Bereits kleinste Veränderungen in der Mikrostruktur des Holzes, die erste Anzeichen von Überlastung, Materialermüdung oder beginnenden Rissen sein können, teilen sich dem hochempfindlichen Sensor mit, was die elektrische Leitfähigkeit verändert.
- Auch die fehlerfreie Überwachung von Lieferketten auf dem globalen Holzmarkt ist, besonders für Holz verarbeitende Großunternehmen, sehr wichtig. Die französische Firma Alphanov entwickelt ein System für die Nachverfolgbarkeit von Holz. Mit Nanopartikeln wird im Inneren von Holz eine Art „Barcode" eingeschrieben, der die Lagerung übersteht, weder verlorengehen noch gefälscht werden kann. Ein Laser kann den Code mithilfe des Streulichts der Nanopartikel auslesen.

Gebundene Nanopartikel sind unbedenklich

Die Entwicklung der Nanotechnologie ist begleitet von einer Debatte über ihre möglichen Auswirkungen auf Mensch und Umwelt. Die Forschung auf diesem Gebiet hinkt der rasanten Verbreitung zurzeit noch hinterher. Tatsächlich weiß man, dass freie Nanopartikel oft schädliche Konsequenzen für Gesundheit und Ökosysteme haben können. Dies ist jedoch in erster Linie eine Herausforderung für den Arbeitsschutz in den herstellenden Betrieben. Mittlerweile herrscht weitgehender Konsens, dass Nanopartikel, die in Beschichtungen oder Verbundwerkstoffen chemisch fest verankert sind, durch mechanische Methoden, wie sie in der Schreinerei zum Einsatz kommen, nicht aus dem Material herausgelöst werden können. Allerdings könnten am Ende des Produktlebenszyklus spezielle Maßnahmen erforderlich sein.

Der Autor
Dr. Marius Kölbel ist freier Berater und Publizist auf dem Gebiet Nanotechnologie, Neue Materialien und Oberflächentechnik
www.materialinnovation.de