

Chemische Nanotechnologie – Neue Werkstoffe im Bauwesen

Chemical Nanotechnology – New Materials in Building

Helmut Schmidt

Multifunktionelle Werkstoffe oder solche, die sich »intelligent« auf Anforderungen ihrer Umgebung einstellen können, sind für das Bauwesen und die Architektur von hohem Interesse. Über die Eigenschaften von Nanopartikeln ist die Entwicklung solch maßgeschneiderter Werkstoffe in greifbare Nähe gerückt. Eine Entwicklungsbasis bietet die chemische Nanotechnologie. Diese beruht auf einer neuen Form der Materie, die einen überraschenden Effekt der Natur birgt: Herkömmliche Materialien wie Metalle, Keramik, Glas oder Halbleiter weisen als chemischer Verbund kleinster Teilchen im Nano-maß (ein Nanometer = ein Millionstel Millimeter) völlig andere Eigenschaften auf als Festkörper. Metalle werden zu Halbleitern oder Farbstoffen, Keramik wird durchsichtig oder elektrisch leitend und Glas zu Klebstoff. Der Grund liegt darin, dass an Nanopartikeln physikalische Phänomene auftreten, die normale Festkörper nicht zeigen.

Herstellung

Die Herstellung dieser neuen »intelligenten« Materialien erfolgt bevorzugt über den Sol-Gel-Prozess. Dieser Prozess, eine Variante der anorganischen Synthesechemie, erlaubt die Herstellung von oberflächenkontrollierten Nanopartikeln, die eine wichtige Voraussetzung zur Entwicklung von neuen nanostrukturierten Kompositwerkstoffen und Beschichtungen sind. Er ermöglicht es, aus flüssigen Ausgangsprodukten anorganische oder anorganisch-organische Materialien herzustellen und diese in Zusammensetzung und Struktur neu zu gestalten.

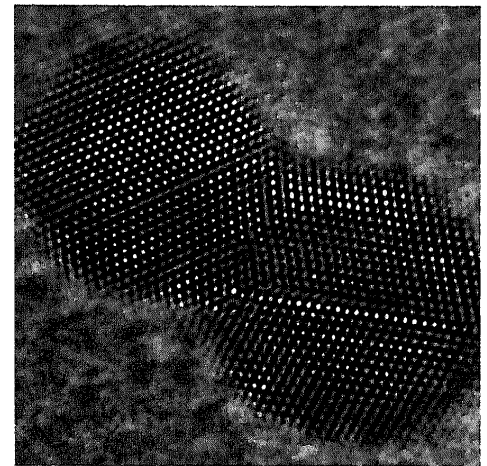
Mögliche Anwendungsbereiche

Der Einsatz der Nanowerkstoffe reicht von der Architektur über Elektro- und Energietechnik, Elektronik, Optoelektronik, Fahrzeugbau, Glas, Keramik und Medizin bis zur Umwelttechnik. Nach über 10 Jahren Forschung verfügt man inzwischen über eine breite Palette von Basistechnologien, die teilweise bereits bis zur industriellen Einsatzreife entwickelt sind. Jede davon kann in viele Innovationen der unterschiedlichen Branchen umgesetzt werden. Für das Bauwesen und

die Architektur finden sich umfangreiche Einsatzmöglichkeiten, angefangen bei stabilen und brandsicheren Bauteilen aus Naturfasern über elektrochrome Verglasungen und Brandschutzausrüstungen für Glasscheiben und Türen, bis hin zu selbst reinigenden Fassaden, Antigraffiti-Beschichtungen oder kostengünstigen, unsichtbaren Beschichtungen für Edelstahlteile, die Fingerprints auf der Oberfläche verhindern. Verfügbare neue Werkstoffentwicklungen gibt es auf dem Gebiet selbst- oder leicht zu reinigender Oberflächen für Fliesen, Spiegel, Möbel, Kunststoff- und Metallteile, transparenter kratz-fester Oberflächen für Kunststoffe und Metalle, für umweltfreundlichen Korrosionsschutz bei Leichtbaulegierungen, für glasartige hitzefeste Farbschichten, kostengünstige Antireflexscheiben, keramische Folien und Beschichtungen photochromer, luminiszierender, antistatischer oder antibakterieller Art. Auch in Bezug auf leitende transparente Membranen und entsprechende Schichten auf Glas oder Kunststoff sowie optische Kunststoffbeschichtungen sind dem Ideenreichtum der Entwerfer keine Grenzen gesetzt. Experten für Nanotechnologie könnten in Zukunft anhand eines Funktionsprofils mit der Entwicklung des gewünschten Materials beauftragt werden.

Konkrete Anwendungsbereiche

Eine intelligente Außenhaut eines Gebäudes, die in der Lage ist, selbständig den Wärmefluss des Gebäudes zu regeln und diesen den Umweltbedingungen anzupassen, ist eine interessante Zielsetzung. Dazu können elektrochrome Verglasungen herangezogen werden. Ein elektrochromes Fenster ist in der Lage, im abgedunkelten Zustand den Wärmeeintrag auf ca. 10–12% zu reduzieren. Über Nassbeschichtungsverfahren werden Schichten in optischer Qualität aufgetragen, die durch Nanopartikel ihre besondere Funktion erhalten, aber transparent bleiben, weil diese Partikel das Licht nicht streuen. In Verbindung mit einem thermisch schaltenden Strahlungsblocker ließen sich daraus komplette Fassadenelemente konstruieren. Zur Isolation wird ein vorgeschaltetes, Licht



lenkendes, thermisch isolierendes Element benötigt. Das elektrochrome Element schaltet entweder per Hand oder über einen Thermosensor den Energieeinfall. Das thermochrome Element schaltet automatisch je nach Temperatur den Wärmedurchgang vor der Wand und damit auch den Wärmehin- und Wärmehinrückfluss. Solch ein den Wärmefluss kontrollierendes Fassadenelement wäre jetzt schon konstruierbar. Um am Markt durchsetzbar zu sein, müsste jedoch eine preisgünstige Massenfertigung entwickelt werden. Andere über Nanotechnologien herstellbare Werkstoffe für den Bau sind z. B. hitzebeständige, umweltfreundliche Glasfaserdämmstoffe (SiO_2 -Nanopartikel binden statt organischer Polymere die Glasfasern), photokatalytische und Easy-to-clean-Schichten, bei denen der Regen abtropft und den Schmutz mitnimmt. Derart behandelte Fassaden wirken extrem wasserabweisend, ohne die Wasserdampfdiffusion zu behindern. Photokatalytische Schichten sind bereits auf dem japanischen Markt erhältlich: sie reinigen sich durch Oxidation des Schmutzes selbst. Auch bei Brandschutzgläsern ergeben neue Nanopartikelsysteme deutliche Vorteile: mehr als 35% Gewichtsersparnis sind mit nanotechnologischen Brandschutzfüllungen möglich.

Marktchancen

Die nanotechnologisch produzierten Werkstoffe haben aufgrund der Komplexität ihrer Herstellung und Ausgangsstoffe in der Regel ein höheres Preisniveau als konventionelle Baustoffe. Das bedeutet, dass sie primär dort ihren Einzug in die Praxis halten werden, wo mit geringen Werkstoffvolumen ein hoher Effekt erzielt werden kann. In der Baubranche ist dies im Bereich der Oberflächentechnik der Fall. Obgleich ihr Weg zum Markt mit vielen Hemmnissen gepflastert ist – einerseits wegen der grundsätzlich langen Entwicklungszeit von Werkstoffen (10 Jahre und mehr), andererseits aufgrund von Marktzwängen, gibt es eine Reihe von Entwicklungen, die bereits Eingang in den Markt gefunden haben und auf den hohen Stellenwert der Nanotechnologie für das Bauen der Zukunft hinweisen.

- 1 Nanopartikel-Zwilling aus Gold mit sichtbarer kristalliner Atomstruktur
- 2 Antihaftoberfläche
- 3 Photochrome Oberfläche

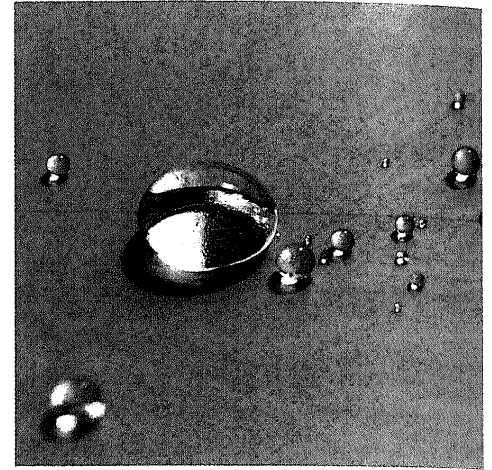
- 1 Gold twin nanoparticle with a visibly crystalline atomic structure
- 2 Non-adhesive surface
- 3 Photochromic surface

Multifunctional elements, or those that can react "intelligently" to ambient conditions, are of great interest in architecture. The exploitation of the properties of nanoparticles means that the development of bespoke materials is now within reach. Nanotechnology implies a changed state in a material. At a nanometric scale (1 nm = a millionth of a millimetre) – as a chemical composition of tiniest particles – common substances such as metals, ceramics, glass and semiconductors reveal completely different properties from those with which one is familiar in their normal solid state. Metals may become semiconductors or colour pigments; ceramics can be transparent or serve as electric conductors; and glass can be transformed into adhesive material. Nanoparticles reveal physical phenomena that are not found in normal solid products.

The production of these new "intelligent" materials takes place largely in a sol-gel process – a variation on inorganic synthesis chemistry that allows the creation of nanoparticles with controllable surface qualities. This, in turn, is an important prerequisite for the development of new composite nanostructure materials and coatings.

The applications to which materials produced by these methods are suited range from architecture, electrical and energy technology to glass and ceramics, medicine and environmental technology. After 10 years of research, a broad spectrum of techniques is available,

some of which are ready for use on an industrial basis. In the field of construction, the likely applications include the manufacture of resilient, fireproof elements from natural fibres; the production of electrochromic glass for self-cleaning facades; graffiti-resistant coatings; protective, easy-to-clean surfaces to tiles, mirrors, plastics and metal; corrosion protection for lightweight metal alloys; and glass-like, heat-resistant colour coatings. One interesting goal at present is the development of an intelligent outer skin to a building that would be capable of automatically regulating heat transmission in response to environmental conditions. Electrochromic glass is a suitable material for this purpose. In a darkened state, an electrochromic window can reduce thermal gains to roughly 10–12 per cent of those one may expect from normal glazing. Using a liquid-coating method, coatings of optical quality can be applied that owe their specific properties to the nanoparticles of their structure. The coatings nevertheless remain transparent, since the particles do not diffuse the light. These materials, used in conjunction with a thermally switching radiation blocker, allow the construction of entire facade elements. For insulation purposes, an additional light-deflecting, thermally insulating element is necessary. The electrochromic unit controls the ingress of energy either by a manual switching process or via a thermosensor. Responding to temperature conditions, thermo-



2

chromic elements automatically control the heat gains through the wall – and conversely, the heat escaping from a building. Although facade elements of this kind could be manufactured today, an economically viable form of mass production is necessary. Other building materials that avail themselves of nanotechnology include heat-resisting, environmentally friendly glass-fibre insulation, and photocatalytic and self-cleaning layers where rainwater washes off the dirt. This treatment of facades makes them extremely water-resistant without impairing their vapour-diffusing properties. Self-cleaning photocatalytic layers that function by oxidizing dirt are already on the market in Japan. New nanoparticle systems offer great advantages in the production of fire-resisting glass, allowing a reduction in weight of more than 35 per cent. In view of the complexity of the manufacturing process and the source materials, however, products that incorporate nanotechnology are more expensive than conventional ones. In addition, 10 years or longer may be required for their development. Their first practical use is likely to be in situations where a maximum effect is achieved with a minimum volume of materials. In building, that will probably be in the form of surface treatment and coatings. Nevertheless, a number of products have already established themselves on the market and provide some indication of the great promise this technology holds for the future.



3

Prof. Helmut Schmidt ist wissenschaftlicher Leiter und geschäftsführender Direktor des Instituts für Neue Materialien GmbH in Saarbrücken. Seit 1990 erforscht er dort die chemische Nanotechnologie, deren Anwendungsmöglichkeiten und Produktions- sowie Technologieentwicklungen für eine industrielle Fertigung. Das INM ist ein Institut der Leibniz-Gemeinschaft, die von der Bundesregierung gefördert wird.
www.inm-gmbh.de

Professor Helmut Schmidt is head of research and managing director of the Institut für Neue Materialien GmbH (INM) in Saarbrücken, where, since 1990, he has been conducting research into chemical nanotechnology, its potential application, and its technological and production development for manufacturing on an industrial basis. The INM is an institute belonging to the Leibniz Group, which enjoys the support of the federal German government.
www.inm-gmbh.de