

Zeitschrift: Tec21
Herausgeber: Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein
Band: 138 (2012)
Heft: 24: Nanotechnologie

Artikel: In der Welt der Zwerge
Autor: Carle, Claudia / Leiva, Leonid
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-283923>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 31.03.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

IN DER WELT DER ZWERGE

Mit der Entwicklung des Rastertunnelmikroskops vor 30 Jahren wurde es möglich, kleinste Partikel bis hin zu den «Bausteinen» der Materie, den Atomen und Molekülen, sichtbar zu machen und gezielt zu manipulieren – eine wichtige Voraussetzung für die Entwicklung der Nanotechnologie. Diese macht sich die besonderen Eigenschaften kleinster Partikel zunutze, die völlig andere sein können als bei grösseren Partikeln des gleichen Materials. Das eröffnet zahlreiche neue Möglichkeiten für verschiedenste Anwendungsgebiete.

Titelbild

Nanoskalige Kristallkeime (im Bild grau) beschleunigen die Bildung und das Wachstum der CSH(Calciumsilicathydrat)-Kristalle (im Bild hellbraun) und damit die Aushärtung des Betons (Foto: BASF)

Die Vorsilbe «nano» wurde vom altgriechischen Wort für Zwerg (nanos) abgeleitet und bezeichnet den milliardsten Teil einer Masseinheit. Ein Nanometer (nm) sind also 10^{-9} m. Dies ist der Grössenbereich von Atomen und Molekülen. Drei Goldatome ergeben beispielsweise zusammen eine Länge von 1 nm. Auch Viren haben Grössen von 10 bis mehreren 100 nm. Ein menschliches Haar hingegen weist einen Durchmesser von etwa 75 000 nm auf. Nanopartikel entstehen sowohl durch natürliche Prozesse – beispielsweise bei Vulkanausbrüchen oder Waldbränden – als auch durch menschliche Aktivitäten wie das Schleifen von Oberflächen oder durch Verbrennungsprozesse, sei das in der Industrie, im Verkehr oder beim Rauchen einer Zigarette. Während Nanopartikel dort als Nebenprodukt anfallen, werden in der Nanotechnologie gezielt Nanopartikel hergestellt.

MEILENSTEINE DER NANOTECHNOLOGIE

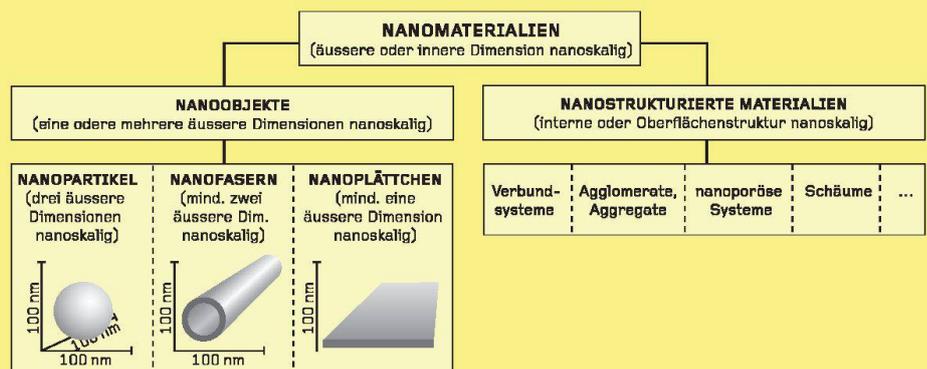
Als theoretischer Vordenker der Nanotechnologie gilt der US-amerikanische Physiker und Nobelpreisträger Richard Feynman. In seinem berühmt gewordenen Vortrag «There's plenty of room at the bottom», den er 1959 am California Institute of Technology hielt, entwarf er die Vision, auf der Nanoebene einzelne Atome und Moleküle zu kontrollieren und zu manipulieren: «In meinen Augen sprechen die Prinzipien der Physik nicht gegen die Möglichkeit, Dinge Atom für Atom zu manipulieren», so Feynman. Die technischen Mittel dazu standen jedoch erst über 20 Jahre später zur Verfügung: Mit dem 1981 vom Schweizer Heinrich Rohrer und dem Deutschen Gerd Binnig am IBM-Forschungszentrum in Rüschlikon ZH entwickelten Rastertunnelmikroskop liessen sich Atome und Moleküle überhaupt erst sichtbar machen, denn optische Mikroskope reichen nur bis zu einer Auflösung von etwa 250 nm. Für diese Erfindung erhielten Rohrer und Binnig 1986 den Nobelpreis für Physik. Mithilfe eines solchen Rastertunnelmikroskops gelang es dem US-amerikanischen Forscher Don Eigler 1989 erstmals, die Positionierung von Atomen gezielt zu manipulieren: Er setzte aus 35 Xenonatomen das Logo von IBM zusammen (Abb. 3).

01 Die Nanotechnologie beschäftigt sich mit Materialien, deren Teilchengrösse oder Oberflächenstruktur in mindestens einer Dimension eine Grösse zwischen 1 und 100 nm aufweisen (Grafik: H. Krug, P. Wick: «Nanotoxikologie – eine interdisziplinäre Herausforderung», in: Angew. Chem. 2011, 123: 1294–1314. Copyright Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. Reproduced with permission/Bearb. Red.)

02 Die Effekte von Nanopartikeln wurden schon im Mittelalter zur Herstellung von Goldrubingläsern genutzt (Foto: wikimedia commons / schtone/Bearb. Red.)

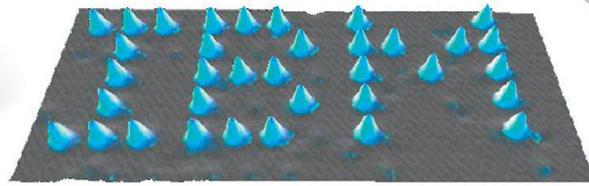
03 Bei dem aus 35 Xenonatomen zusammengesetzten Logo konnten 1989 erstmals mithilfe eines Rastertunnelmikroskops Atome gezielt manipuliert werden (Foto: IBM Research)

04 Die wabenartige Struktur von Kohlenstoff-Nanoröhrchen wird aus jeweils sechs miteinander verbunden Kohlenstoffatomen gebildet. Die ein- oder mehrlagig herstellbaren Röhrchen sind sehr hart und gleichzeitig sehr leicht (Visualisierung: Keystone/Oxford Scientific OSF/Laguna Design)

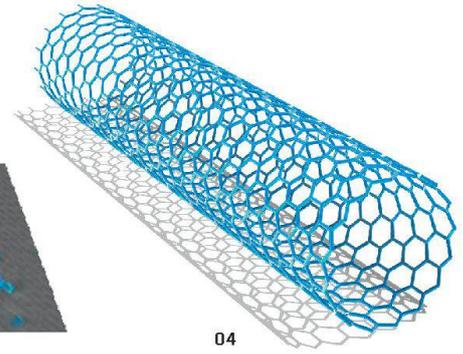




02



03



04

BESONDERE EIGENSCHAFTEN VON NANOMATERIALIEN

Höhere Reaktivität

Eine häufig genutzte Eigenschaft von Nanomaterialien ist ihre höhere chemische Reaktivität, die zum Teil eine Folge ihrer grösseren spezifischen Oberfläche ist. In Nanopartikeln, Nanofilmen oder Nanoröhrchen ist der Anteil von an der Oberfläche sitzenden Atomen im Vergleich zu jenen im Innern grösser als bei Materialien, die in allen drei Dimensionen makroskopisch ausgedehnt sind. Indem mehr Kontaktfläche mit angrenzenden chemischen Substanzen vorhanden ist, nimmt die Anzahl Stellen zu, an denen es zur Reaktion kommen kann.

Veränderte Elektronenstruktur

Auch von Bedeutung für die speziellen Eigenschaften von Nanomaterialien ist ihre veränderte Elektronenstruktur, die sich zum Beispiel in charakteristischen optischen Effekten manifestiert. In Nanomaterialien sind die Energiezustände von Elektronen – wie auch bei einzelnen Atomen oder Molekülen – oft quantisiert, das heisst, die Energie kann nur bestimmte Werte annehmen. Elektronen können hier also nur unter Zuführung oder Abgabe bestimmter Energiemengen zwischen diesen Energiezuständen «springen» (Quantensprung). Bei diesen Übergängen kann nur Licht einer ganz bestimmten Wellenlänge und entsprechenden Farbe absorbiert oder ausgestrahlt werden. Die Energieunterschiede zwischen den Energiezuständen bestimmen deshalb die Farbe eines Materials oder auch andere Eigenschaften wie die Absorption von Infrarot- oder UV-Strahlung. Hierbei gilt das «Nanogesetz»: Die Grösse zählt. Denn von der Grösse der Nanostrukturen hängt auch die Verteilung der Energiezustände ab. So kommt es, dass Nanoteilchen derselben Substanz eine unterschiedliche Farbe haben oder transparent werden, wenn sich ihre Grösse verändert.

Mechanische Eigenschaften

Auch mechanische Eigenschaften von Oberflächen wie zum Beispiel ihre Kratzfestigkeit können mit Nanomaterialien optimiert werden. Hierbei liegt der Schlüssel in der Stärke der Adhäsionskräfte zwischen Nanobeschichtung und zu schützendem Substrat, auch dies eine Folge der vergrösserten Kontaktfläche. Zudem sind diese Beschichtungen transparent, wenn die darin enthaltenen Nanopartikel klein genug sind, die Farbe des Substrats wird also nicht verfälscht.

Leonid Leiva, freier Wissenschaftsjournalist, Zürich, steppenlobo77@gmx.net

Mit der Nanotechnologie können also gezielt nanoskalige Strukturen hergestellt oder verändert werden. Man unterscheidet hierbei zwei verschiedene Vorgehensweisen: beim Top-down-Verfahren werden grössere Objekte sukzessive verkleinert bis zur Erreichung von nanoskaligen Strukturen. Beim Bottom-up-Verfahren werden einzelne Atome oder Moleküle gezielt so angeordnet, dass die gewünschten Eigenschaften entstehen.

NEUE EIGENSCHAFTEN

Interessant sind Nanopartikel deshalb, weil Materialien als Nanopartikel ganz andere Eigenschaften aufweisen können als grössere Partikel des gleichen Materials (vgl. Kasten). So ist beispielsweise Kohlenstoff in Form von Graphit sehr weich, in Form von Kohlenstoff-Nanoröhrchen (Abb. 4) hingegen härter als Stahl und gleichzeitig sehr leicht. Auch elektrische, thermische und optische Eigenschaften können sich im Nanobereich verändern. So erscheinen grössere Partikel von Titandioxid weiss und werden breit eingesetzt als weisser Farbstoff. Nanopartikel von Titandioxid hingegen sind transparent im Bereich des sichtbaren Lichts, reflektieren aber UV-Strahlung. Diesen Effekt macht man sich in Sonnencremes zunutze. Ein ähnliches Phänomen kannten schon die mittelalterlichen Glasmacher: Durch das Einbrennen von feinsten Goldpartikeln produzierten sie das sogenannte Goldrubinglas, das intensiv rot ist und auch nach Jahrhunderten nichts an Leuchtkraft einbüsst (Abb. 2).

Die Nanotechnologie nutzt diese veränderten Eigenschaften und beschäftigt sich dabei mit Materialien, deren Teilchengrösse oder Oberflächenstruktur in mindestens einer Dimension eine Grösse zwischen 1 und 100nm aufweist (Abb. 1). Typisch für die Nanotechnologie ist auch ihr interdisziplinärer Charakter im Bereich von Chemie, Physik und Biologie.

Schon heute sind in vielen Anwendungsgebieten Nanomaterialien im Einsatz. Die bekanntesten sind die bereits erwähnten Titandioxid-Nanopartikel als UV-Schutz in Sonnencremes und Kosmetika oder Nanosilber in Textilien zur Verhinderung von Schweissgeruch. Nanopartikel finden sich aber auch in Lebensmitteln, Tennisschlägern, Velorahmen und nicht zuletzt auch in zahlreichen Baumaterialien (vgl. «Nanoprodukte für den Bau», S. 18).

Ideengeber für neue Entwicklungen sind teilweise auch natürliche Vorbilder. So dienen die Oberflächenstrukturen von Lotusblättern als Vorbild für wasser- und schmutzabweisende Beschichtungen. Die Strukturen an den Füssen der Geckos, die auch auf glatten Oberflächen klettern können, stehen Pate bei der Entwicklung neuer Kleber.

Die Erwartungen, die in Nanomaterialien gesetzt werden, sind auch hinsichtlich ihrer Umweltfreundlichkeit gross. Allerdings gibt es bisher nur für wenige Nanomaterialien umfassende Ökobilanzen, mit denen sich die erhofften Einsparungen an Energie und Ressourcen belegen liessen.¹ Die wenigen Ökobilanzen, die es gibt, zeichnen ein zwiespältiges Bild. So gibt es durchaus Nanomaterialien, die umweltfreundlicher sind als ein vergleichbares konventionelles Material. Bei einigen Nanomaterialien benötigt aber zum Beispiel der Herstellungsprozess so viel Energie, Wasser und umweltproblematische Chemikalien, dass die Bilanz zu ihren Ungunsten ausfällt.

Claudia Carle, carle@tec21.ch

Anmerkung

¹ S. Gressler, M. Nentwich: Nano und Umwelt – Teil I: Entlastungspotenziale und Nachhaltigkeitseffekte. Inst. für Technikfolgen-Abschätzung der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, 2011