

NANOWISSENSCHAFTEN

Grossartig bis ins Kleinste

LADINA LADNER

Die Nanotechnologie gilt als Schlüsseltechnologie. Denn die Welt der Atome ermöglicht die Erforschung und Imitation von bisher unsichtbaren Oberflächen, welche funktionsbestimmend sind.

Eine Million Nanopartikel passen auf einen i-Punkt. Die unvorstellbar kleinen Teile machen damit ihrem Namen grosse Ehre. Nano stammt aus dem Griechischen und ist von Zwerg abgeleitet. Als Vorsilbe steht sie in unserem Masssystem für ein Milliardenstel. Somit spielt sich die Nanowissenschaft und Nanotechnologie im Kleinen ab, in der Welt der Atome und Moleküle. Selbst einzelne Atome mit einem Durchmesser von etwa 0,3 nm können heute dank hochsensiblen Instrumenten erfasst und manipuliert werden.

Weil die Eigenschaft eines Objektes oft durch seine Feinstruktur bestimmt ist, bringt die Darstellung und Analyse der Atome und Moleküle völlig neue Erkenntnisse. Die Erforschung der Gesetzmässigkeiten der Nanowelt verlangt jedoch nach interdisziplinären Teams, in denen die klassischen Wissenschaftsdisziplinen wie Phy-

sik, Chemie, Medizin und Biologie verschmelzen.

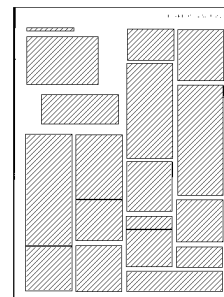
Schlüsseltechnologie der Zukunft

Die Nanowissenschaft wird in vielen Bereichen unseres Lebens Veränderung bringen. Und schon heute profitieren wir von ihren Errungenschaften. So basieren Lichtschutzfaktoren in Sonnencremen und besondere Farbeffekte im Autolack auf Nanopartikeln oder Antireflexschichten auf Brillen und Kontaktlinsen werden dank der Nanotechnologie optimiert. Gemäss Hans-Joachim Güntherodt, Professor an der Uni Basel und Direktor des nationalen Kompetenzzentrums für Nanowissenschaften, wird die Nanotechnologie in Zukunft grossen Einfluss auf die verschiedensten Bereiche innerhalb der Informations- und Kommunikationstechnologie, der Lebenswissenschaften sowie der Nachhal-

tigkeit ausüben. Bereits forschen Wissenschaftler an neuen Nanomaterialien und Speichermedien, atomaren Schaltern, Nanorobotern für den menschlichen Körper, künstlichen mechanischen Nasen und Ohren. Nicht umsonst wird die Nanotechnologie als Schlüsseltechnologie des 21. Jahrhunderts bezeichnet.

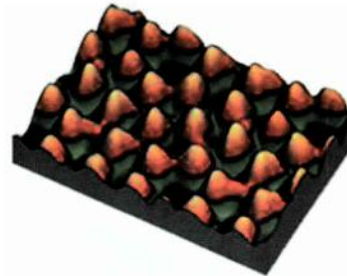
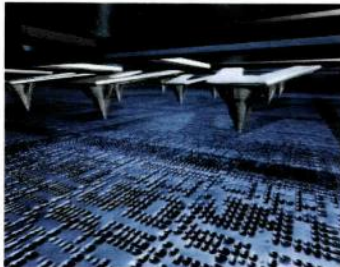
Nobelpreis für neuartiges Mikroskop

Nanotechnologie ist heute aktuell, weil neue Mikroskope, Werkzeuge und Materialien zur Verfügung stehen, welche die kleinsten Teile sichtbar und beeinflussbar machen. Den Grundstein legten die IBM-Wissenschaftler um Gerd Binnig, Heinrich Rohrer und Christoph Gerber 1981 mit der Erfindung des Rastertunnelmikroskops. Die mit dem Nobelpreis ausgezeichnete Erfindung konnte erst-

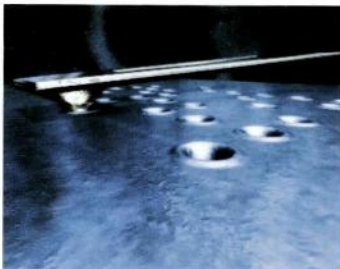




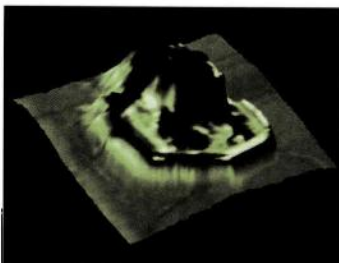
Manipulierte Cu-Atome auf einer Fläche von $25 \times 8 \text{ nm}^2$. IBM.



$7 \times 7 \text{ nm}$ grosse Silicium-Fläche von einem Rastertunnelmikroskop aufgenommen.



Das von IBM entwickelte Werkzeug Millipede basiert auf einem Atomic Force Microscope (AFM), das nanomechanisch Polymer-Oberflächen verändern kann.

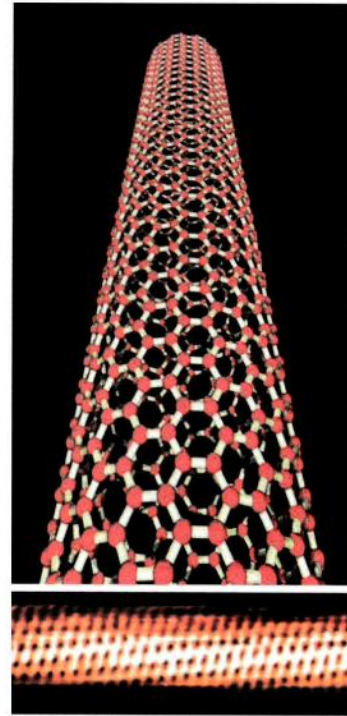


Nano-Aufnahme von AgHal T-Partikeln mittels Scanning Near-Field Optical Microscopy.

mals einzelne Atome einer Oberfläche sichtbar machen. Anders als bei den bisher bekannten Mikroskopen tastet das Rastertunnelmikroskop die Probe mittels einer feinen Messsonde genau ab und errechnet ein Bild. Auf einem ähnlichen Prinzip beruhen die später entwickelten Rastersondenmikros-

kope, welche die Oberflächen nicht nur genau abbilden, sondern auch die physikalischen und chemischen Eigenschaften messen können. Zudem können Rastersondenmikroskope auch als Werkzeuge eingesetzt werden, indem ihre Abtastspitze wie ein kleiner Presslufthammer vibriert und Informationen in die Oberfläche gravieren kann.

Textile Nanoprodukte im Einsatz
Im Bereich der Textilien und Bekleidung verwendet die Nanowissenschaft häufig die Natur als Vorbild, um gewünschte Eigenschaften



Modell eines Nanotube (oben) und eine Rastertunnelmikroskop-Aufnahme (unten).

1 Millimeter (mm)	= 1 Tausendstelmeter	
1 Mikrometer (Mikron)	= 1 Millionstelmeter	= 0,001 mm
1 Nanometer (nm)	= 1 Milliardstelmeter	= 0,000001 mm
1 Picometer (pm)	= 1 Billionstelmeter	= 0,000000001 mm
1 Ångström	= $\frac{1}{10}$ nm	

nachzubauen. So dienen die Blätter der Lotusblume als Ideal für selbstreinigende Oberflächen, die Schmetterlingsflügel für erstrebenswerte Farbeffekte und Spinnennetze für sehr leichte und extrem starke Fasern wie beispielsweise BioSteel. Nano-Pel von Nano-Tex und NanoSphere von Schoeller sind in der Sportbekleidung bereits als selbstreinigende und wasserabweisende Ausrüstungen bekannt. Das wasserabweisende Nano-Pel ist eine chemische Veredelung, welche auf molekularer Basis beim Spinnverfahren auf die Faser aufgebracht wird.

Zur Herstellung von NanoSphere hat Schoeller eine Technologie unter der Verwendung von Nanopartikeln entwickelt und patentieren lassen. Sie führt zu einer mikrorauen, dreidimensionalen Oberflächenstruktur, auf der Wasser und Schmutzpartikel mühelos und rasch abperlen. Bereits 1998 hat Schoeller mit der Nanoforschung begonnen und als erstes Ergebnis eine Imprägnierung präsentiert. Diese war jedoch nicht fettresistent und die chemische Reinigungsbeständigkeit entsprach noch nicht den im Markt eingeführten, konventionellen Mitteln. Deshalb wurden weitere Forschungen eingeleitet, damit die

Nanoapplikation vollumfänglich funktioniert und gleichzeitig keine Substanzen enthält, die für den Menschen und die Umwelt kritisch sind.

Auf eine von Nanopartikeln besetzte mikrorauhe Oberfläche können auch weitere chemische und physikalische Elemente aufgepfropft werden. Ein Beispiel dafür sind Cyclodextrine, das sind Zuckermoleküle mit einem wasserabweisenden Hohlraum. In diesen leeren Containern werden unangenehme Gerüche eingeschlossen, bevor sie sich verbreiten können. Bei jeder Wäsche entleeren sich die Hohlräume wieder. Umgekehrt lassen sich in die leeren Cyclodextrine Duftstoffe einlagern. Diese können nicht verdampfen, werden aber durch eine geringe Feuchtigkeitsmenge freigesetzt. Die Ciba Spezialitätenchemie stellt antimikrobiell wirkende Fasern her, die auf der Basis solcher Nanocontainer basieren. Entweder geben diese Container kontinuierlich wachstumshemmende Antimikrobiotika ab oder sie schliessen die unangenehmen Geruchsmoleküle ein.

Neue, dauerhafte Funktionen erwünscht

Könnte die Textilindustrie ihre Wünsche anbringen, soll die Nano-

technologie verbesserte und neue Funktionen mit hoher Dauerhaftigkeit in die Textilien bringen, ohne Veränderungen in der Optik und im Griff zu bewirken. Zudem sind eine Ressourcen sparende Herstellung und ökologisch neue Ansatzpunkte erwünscht. Denkbar sind in Zukunft auch Textilien mit erhöhter Reissfestigkeit bei gleichzeitig vermindertem Gewicht, eigener Energiegeneration und -speicherung, Schutz vor elektromagnetischer Strahlung, Kapillarnetzwerk für Kühlungssysteme sowie elektronisches Netzwerk für Sensoren und Kommunikation. Um die Nanotechnologie in der Industrie wirklich nutzbar zu machen, braucht es aber eine gut vernetzte Zusammenarbeit mit Chemie und Forschung.

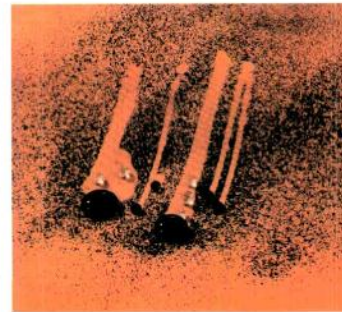
Nanopartikel veredeln die Fasern

Die Forschung hat sich den Nanowissenschaften bereits intensiv angenommen. Dabei unterscheidet man hauptsächlich zwischen den drei Nanotechnologien Dünnschichttechnologie, Nanopartikel und Analyse von Nanostrukturen. Im Textilbereich liegt der Schwerpunkt bei den Nanopartikeln, wo sich auch verschiedenste Forschungsprojekte finden (siehe Kas-

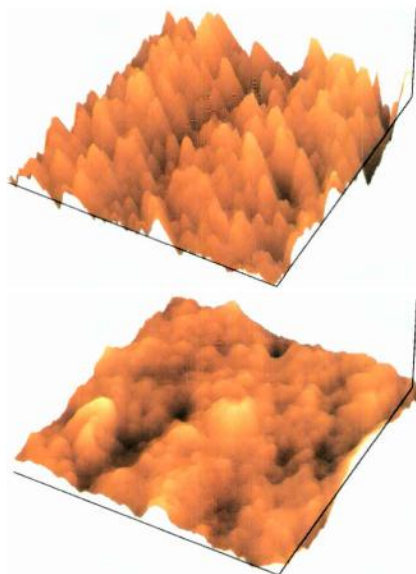
Das Prüfungsbuch Bekleidung reiht sich in die Fachbuchreihe für bekleidungstechnische Berufe im Verlag Europa-Lehrmittel ein und bezieht sich hauptsächlich auf die Lerninhalte der Bücher «Fachwissen Bekleidung», «Mode – Zeichnen und Entwerfen» und «Mode – Darstellung, Farbe und Stil». Das Prüfungsbuch dient der optimalen Vorbereitung auf die Abschlussprüfungen für bekleidungstechnische Berufe, insbesondere für die Fächer Technologie, technische Mathematik, Gestaltung und Konstruktion sowie Wirtschafts- und Sozialkunde.

Prüfungsbuch Bekleidung; www.europa-lehrmittel.de; 1. Auflage 2004, 288 Seiten, broschiert; Euro 18,00; ISBN 3-8085-6195-5.

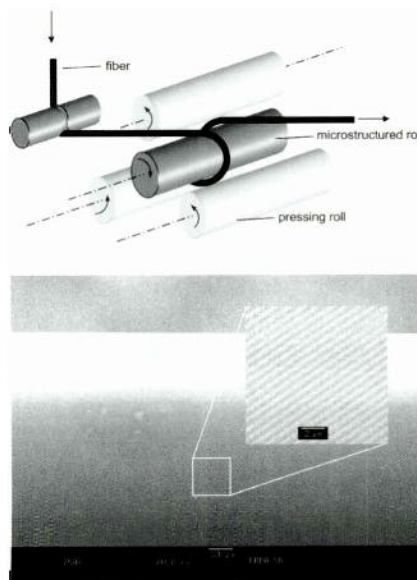
Nanopartikel	Potenzielle textile Anwendungen
Core Shell-Partikel mit Dimensionen im Bereich des sichtbaren Lichts	Interferenzfarben, dem Schmetterlingsflügel entsprechend
Kristallisierte Nanodispersionen mit Dimensionen im Bereich des sichtbaren Lichts	Veränderung der optischen Eigenschaften sowie Interferenzfarben
Keramische Nanopartikel	Verbesserte Abriebfestigkeit
SiO ₂ oder Al ₂ O ₃ -Nanopartikel mit PP- oder PE-Beschichtung	Superhydrophobierung
Indium-Zinn-Oxid-Nanopartikel	EM/IR-Schutzkleidung
Nanoporöse Schäume	Steigerung der Festigkeit und der Wärmedämmung von Schäumen
TiO ₂ - oder ZnO-Nanopartikel	UV-Schutz, Faserschutz, oxidative Katalyse
Fe-Nanopartikel	Leitende, magnetische Eigenschaften, «remote heating»



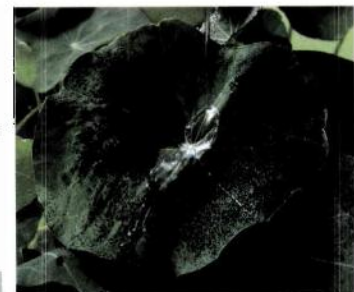
Quelle: J. Beringer/D. Höfer, Hohensteiner Institute



Die Oberfläche eines Lotusblumen-Blattes (oben) im Vergleich mit der Oberfläche von NanoSphere (unten) Schoeller.



Oben das Prinzip des Prägeprototypen für die Mikrostrukturierung von Fasern in periodischen sub-µm Dimensionen, unten eine mikrostrukturierte PES-Faser. Empa und Paul Scherrer Institut.



Das Blatt der Lotusblume dient der selbstreinigenden Oberflächen-Ausrüstung NanoSphere von Schoeller als Vorbild.

ten). So ermöglicht die Einbettung von Nanopartikeln in eine Faser oder in eine Beschichtung Zusatzwerte wie Kratzresistenz, Easy-to-Clean-Eigenschaften und spezielle optische Effekte. Nanopartikel sind etwa so gross wie drei Atome und können aus unterschiedlichen Elementen und Verbindungen entstehen. Sie definieren sich nur über ihre Molekülgrösse als Nanopartikel. Heute arbeitet man mit verfügbaren Werkstoffen aus den Bereichen Metalle (Silber, Eisen), organische und anorganische Verbindungen (Vitamine, DNA, Titandioxid, Eisenoxid) sowie Polymere.

Obwohl es im Nanobereich bereits viele Forschungsansätze gibt, fehlt in der Industrie noch weitgehend das technologische Know-how. Jens Gobrecht vom Paul Scherrer Institut in Villigen ist der Meinung, dass die Nanotechnologie nicht zur direkten Herstellung von Produkten, sondern vielmehr zur Produktion der entsprechenden Werkzeuge eingesetzt werden soll. Ein Beispiel dafür ist ein Projekt zur Mikrostrukturierung von Fasern, welches das PSI zusammen mit der Empa durchgeführt hat. Durch eine thermoplastische Prä- gung können Fasern mit einer

Mikrostruktur versehen werden, um die Faseroberfläche zu vergrössern. Durch die Herstellung einer beliebigen Oberflächenstruktur können wichtige Effekte erzielt werden. Ein Beispiel sind Textilien, die grosse Mengen an Feuchtigkeit anlagern können, aber trotzdem schnell trocknen. Oder die Fasern weisen eine verbesserte Haftungsmöglichkeit für Beschichtungen auf.

Nanopartikel als Beschichtung

Titandioxid-Nanopartikel (TiO_2) können den UV-Schutz eines Textils deutlich erhöhen und sind zudem sehr beständig. Dies bestätigen Forschungen der Hohensteiner Institute. Die Herausforderung liegt bei der Verhinderung der Anhäufung von Nanopartikeln und der gezielten Fixierung der Nanopartikel auf dem Textil. Das Problem wurde durch die Verwendung einer stabilisierten Nanopartikel-Dispersion und einem Walzenbelagsverhinderer erreicht. In einem ersten Schritt wird ein neues, stabiles Nanomaterial mit den TiO_2 -Partikeln hergestellt. Um die speziellen Produkteigenschaften dauerhaft beibehalten zu können, darf keine Anhäufung der Moleküle entstehen. In einem zweiten Schritt entstehen aus dem Nanomaterial

Folien, Emulsionen und Dispersionen, die auf verschiedenste Weise auf das Textil aufgebracht werden können. Im günstigsten Fall können dafür konventionelle Veredelungsverfahren eingesetzt werden. In der Regel stellen jedoch nanoskalig beschichtete Textilien aufgrund ihrer Eigenschaftsvielfalt eine extreme Herausforderung an die Applikationsmethoden dar.

Der Nanotechnologie wird inzwischen höchste wissenschaftliche und wirtschaftliche Priorität beigemessen. In der Schweiz arbeiten über 220 Personen im Nationalen Forschungsschwerpunkt Nanowissenschaften mit, der über ein Budget von 16 Mio. Franken verfügt. Im Vergleich mit Deutschland und den USA ein eher bescheidener Betrag, wo dreistellige Millionenbeträge für die Förderung des Zukunftsmarktes ausgegeben werden. Und für die Zukunft lockt ein Marktpotential in Milliardenhöhe. Denn wie Nobelpreisträger Gerd Binnig einmal bemerkte, «hat das Nanozeitalter gerade erst begonnen».

Links:

www.nccr-nano.org
www.ethrat.ch/topnano21
www.empa.ch

Forschungsprojekte im textilen Bereich

Die Empa St. Gallen hofft, dass Nanopartikel in naher Zukunft getrennt in Bikomponentenfasern eingearbeitet werden können. So lassen sich Fasern mit völlig neuartigen Materialeigenschaften gezielt entwickeln. Zu diesem Zweck verfügt die Empa über eine neue Schmelzspinnanlage für Bikomponentenfasern (siehe separater Artikel auf S. 31).

Textile Oberflächen können auch durch den Einsatz von Plasmatechnologie funktionalisiert werden. An der Empa forscht man derzeit nach Möglichkeiten, wie Fasern mit Hilfe von Nanopartikeln metallisiert, ihre Leitfähigkeit gesteigert und dauerhafte Hydrophobierungen aufgetragen werden können. Mit keramischen Sensoren (Piezo-Fasern) wird künftig sogar das Ziel verfolgt, tragbare Computer in Bekleidung zu integrieren.

Mit Hilfe einer Nanopulver-Pilotanlage konnte an der Empa nicht-aggregiertes Keramikpulver für die Textilveredelung hergestellt werden. Diese Nanopartikel sind Zwerge mit Riesenkräften, denn lediglich 30 Gramm Pulver besitzen die selbe Oberfläche wie ein Fussballfeld. Potenzielle Anwendungsgebiete sind die Schaffung von noch besser flammhemmenden Materialien bei weniger Wärmeentwicklung sowie selbstreinigende Oberflächen.

An der EPF Lausanne werden bereits Nanokompositfasern gesponnen. Diese Fasern überzeugen durch ihre Stärke, Transparenz und Flammresistenz bei gleichzeitig massiver Gewichtsreduktion des Materials.

Das Fraunhofer-Institut für Silicatforschung in Würzburg befasst sich mit der chemischen Funktionalisierung von Faseroberflächen durch Beschichtungen. Versuche haben ergeben, dass Fasern durch Hybridpolymere funktionalisiert werden können, um folgende Vorteile zu erreichen: einfaches, umweltfreundliches Verfahren, Funktionalisierung durch Applikation sehr dünner Schichten möglich, dauerhafte Effekte erzielbar sowie Kombination von Eigenschaften in einem Verfahrensschritt realisierbar.

An der Universität Genf wird ebenfalls intensiv an den Grundlagen geforscht. Dabei möchte man erfahren, was auf der Oberfläche von Textilien passiert, wie bestimmte Partikel mit Textilien interagieren und wie Polymere zur Oberflächenmodifizierung aufgetragen werden können. ◆

Nanotechnologien und ihr möglicher Nutzen

Nanopartikel/Nanopulver	Agglomerate von wenigen hundert Atomen oder Molekülen, die bekannten Materialien neue Eigenschaften verleihen	Pigmente für Lacke, Kosmetika, Medikamente; transparente Keramiken mit niedrigen Sintertemperaturen; kratzfeste Oberflächen; gefüllte Nanokapseln für selbstheilende Materialien
Nanoskalige Oberflächen	Dünne Filme aus wenigen Atomlagen oder nanostrukturierte Oberflächen haben neue Eigenschaften, die man von bisherigen Schichtstrukturen nicht kennt	Selbstreinigende Oberflächen (Lotus-Effekt); Antireflexbeschichtungen; langlebige Implantate; kratzfeste Oberflächen; Membranen; Katalysatoren
Nanotube/Nanoröhrchen	Ein- oder mehrwandige Kohlenstoffröhrchen mit Dicken von 1 bis 30 nm und extrem guten Werten für Zugfestigkeit sowie Strom- und Wärmeleitfähigkeit	Leiterbahnen; Transistoren und Dioden für Speicher; Elektronenkanone für Flachbildschirme; Verstärkung von Keramiken, Metallen, Kunststoffen; Wasserstoffspeicher; Nanopinzetten
Nanostrukturierte Chips	Weiterentwicklung der Mikro- zur Nanoelektronik; Fernziel sind Ein-Elektronen-Bauelemente	Kleinere Speicher und Prozessoren; magnetische Datenspeicher; Quantenpunkte für Dioden, Laser, Optoelektronik und Leuchtdisplays
Nanoanalytik	Vermessung und Strukturierung von Oberflächen mit atomarer Auflösung	Rastersondentechnologie; mechanische Datenspeicher

Quelle: «Pictures of the Future», Siemens