

NANO PUBLI

16. bis 17. September 2008

Eine Sonderschau im Rahmen der NanoEurope in St. Gallen

## Nanotechnologie erleben

Ausstellung mit Experimenten und Showeinlagen  
zum Thema Nanotechnologie,  
der Schlüsseltechnologie des 21. Jahrhunderts

[www.nanopubli.ch](http://www.nanopubli.ch)



Materials Science & Technology



# Aussteller NanoPubli 2008



## Öffnungszeiten

Dienstag, 16. 09. 2008 09.00–17.00 Uhr

Mittwoch, 17. 09. 2008 09.00–17.00 Uhr

## Die Empa-Vorträge finden jeweils statt um:

09.30–10.00 Uhr 14.00–14.30 Uhr

11.00–11.30 Uhr 15.30–16.00 Uhr

Olma Messen St. Gallen

# Willkommen an der NanoPubli 2008

Es ist eine schöne Tradition geworden: Bereits zum vierten Mal in Folge öffnet die NanoPubli – eine Sonderschau zum Thema Nanotechnologie – am 16. und 17. September 2008 auf dem Olma-Messegelände in St.Gallen für die breite Öffentlichkeit ihre Pforten. Die Forschungsinstitution Empa und die Olma Messe heissen Sie herzlich willkommen.

2008 bringt die Empa die *Wanderausstellung «Nano – Kleines ganz gross»* an die NanoPubli. Die von jungen NanowissenschaftlerInnen des Vereins MEMS-Point entwickelten interaktiven Exponate laden die NanoPubli-Gäste ein, in die faszinierende Nanowelt einzutauchen und ihre Auswirkungen live zu erleben. Neben dem Erkunden der Exponate haben die BesucherInnen Gelegenheit, unter Anleitung von Studierenden des Zentrums für berufliche Weiterbildung, St.Gallen (ZbW) sowie des Gewerblichen Berufs- und Weiterbildungszentrums St.Gallen (GBS) an sechs verschiedenen *Arbeitsstationen* Nanotechnologie selbst zu erforschen. MitarbeiterInnen der Empa runden den Besuch mit *Shows und Vorträgen* ab, indem sie das Komplex der Nanotechnologie erläutert und in einen grösseren Zusammenhang stellt.

Wir wünschen Ihnen bei den spritzigen Showeinlagen, der abwechslungsreichen Ausstellung sowie den bunten Experimenten zum Mitmachen viel Spass!

Markus Rüedi

Empa, Swiss Federal Laboratories for Materials Testing and Research



Materials Science & Technology

*Wird es eines Tages wirklich  
kratzfeste Autolacke geben?*



 **Clariant**

Exactly your chemistry.

Heute noch Utopie, morgen vielleicht schon Wirklichkeit: Schon jetzt können Nanomaterialien altbekannten Werkstoffen zu ungeahnten Eigenschaften mit hohem praktischem Nutzen verhelfen – und in Zukunft noch viel mehr. Clariant verfügt über hochentwickelte Verfahrenstechniken und ein immenses Wissen auf den Gebieten der Oberflächenbehandlung und der Nanotechnologie. Clariant steht für Farben, Oberflächeneffekte und Performance Chemicals, ausgerichtet auf die Bereiche Textile, Leather & Paper Chemicals, Pigments & Additives, Masterbatches und Functional Chemicals. Sie finden uns auf jedem der fünf Kontinente so nah, dass wir auch Ihr ganz spezielles Problem lösen können. **Clariant International AG, [www.clariant.com](http://www.clariant.com)**

*What do you need?*

# NanoPubli 2008

---

## Veranstalter



[www.empa.ch](http://www.empa.ch)



[www.nanoeurope.com](http://www.nanoeurope.com)

---

## Co-Veranstalter



[www.gbssg.ch](http://www.gbssg.ch)



[www.zbw.ch](http://www.zbw.ch)



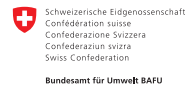
[www.memspoint.com](http://www.memspoint.com)

---

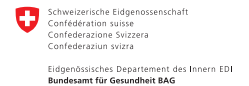
## Unterstützt durch



[www.kgf.ch](http://www.kgf.ch)



[www.bafu.admin.ch](http://www.bafu.admin.ch)



[www.bag.admin.ch](http://www.bag.admin.ch)



[www.clariant.com](http://www.clariant.com)



[www.bischoff-textil.com](http://www.bischoff-textil.com)



[www.schoeller-textiles.com](http://www.schoeller-textiles.com)



[www.swisstextiles.ch](http://www.swisstextiles.ch)



[www.3dag.ch](http://www.3dag.ch)



# Nano zum Anfassen – Eine Werkstatt macht Nanotechnologie begreifbar

«Wer etwas anfassen kann, versteht es besser.» Nach dieser Devise verfährt Niklaus Vogel, Dozent an Gewerbe- und Fachhochschulen, wenn er Lernende und Studenten mit der Nanotechnik vertraut machen will. «Nano» greif- und begreifbar zu machen, ist jedoch keine leichte Aufgabe. Denn die Nanowelt verschliesst sich mit ihren winzigen Dimensionen dem einfachen Zugang. Um in die Welt des Allerkleinsten hineinzusehen, sie zu verstehen und mit ihr zu arbeiten, braucht es ganz spezielle Mikroskope und Werkzeuge. Am Anfang der Auseinandersetzung mit Nano stand denn auch ein Mikroskop. «Lasst uns ein Rastertunnelmikroskop bauen», forderte Vogel 2005 seine Lernenden am Gewerblichen Berufs- und Weiterbildungszentrum St. Gallen (GBS) auf. Und so verwirklichten die Elektroniker, Automatiker und Informatiker vom GBS mit den Polymechnikern und Konstrukteuren vom Bildungszentrum Arbon (BZA) im Rahmen eines Projektes am GBS ein Rastertunnelmikroskop. Sie lernten, wie es funktioniert und erkannten, wie heikel Nanostrukturen zu messen sind.



## «Werkbänke» für die Nanowerkstatt

Fasziniert vom Resultat und vom Thema liess es Niklaus Vogel nicht beim Bau eines Mikroskops bewenden. In den darauf folgenden vier Jahren bauten seine Schülerinnen und Schüler in neuen Projekten weitere Stationen zum Thema Nanotechnologie. Das Ziel: Andere sollten sich an den Arbeitsstationen im Selbststudium mit Themen der Nanotechnik beschäftigen und vertraut machen können. Eine der Stationen stellt beispielsweise konkrete Anwendungen vor: Nanomotoren, die winzig kleine Nanoroboter antreiben, und Nanopumpen, die im Drucker feinste Tintenstrahlen auf Papier spritzen.

Eine andere Station erklärt den Lotuseffekt: Wer sich dort mit der Theorie vertraut macht, weiss, warum Schmutz von Textilien mit Lotusblatt-ähnlichen Oberflächenstrukturen einfach abgespült werden kann. In der Kiste neben der «Werkbank» liegen die Hightech-Stoffe, welche mit Ketchup bekleckert und dann mit Cola «gewaschen» werden dürfen. Resultat: Die Textilien mit nanobehandelter Oberfläche weisen auch nach der stärksten Verschmutzung keine Rückstände auf.

## Platz Nr. 7

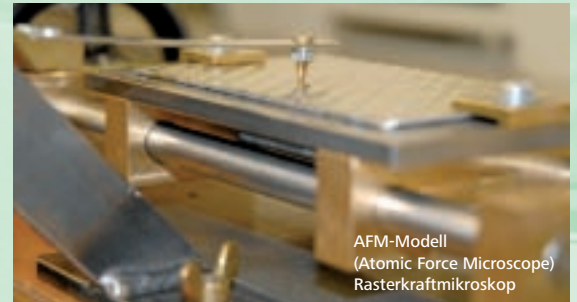
SEM Aufbau Funktion



## Auf die neue Technologie sensibilisieren

Weil am GBS zu wenig Platz vorhanden war, entstand im Zentrum für berufliche Weiterbildung St.Gallen (ZbW) über die Jahre eine veritable Nanowerkstatt mit 16 Stationen oder «Werkbänken»; ein positives Beispiel der schulübergreifenden Zusammenarbeit in der modernen Berufsbildung. Sechs dieser Stationen sind an der NanoPubli zu sehen. Zwei der Stationen werden von Lernenden betreut: Sie zeigen, wie an einem Rasterkraftmikroskop (AFM) und einem Rastertunnelmikroskop (STM) konkrete Messungen im Nanobereich durchgeführt werden können. An den Stationen er-

klären die ZbW-Studenten ihren Gästen die Anwendungen der Nanotechnik, optische Mikroskope und die Dimensionen der Nanotechnologie. Die Schüler und Studenten, die den Kurs zur Nanotechnik besucht haben und nun die NanoPubli-BesucherInnen empfangen, seien keine «Ausserirdischen», die sich weltfremd mit abgehobener Technik beschäftigen, sagt Niklaus Vogel; vielmehr sind es engagierte junge Leute, die den Besucherinnen und Besuchern der NanoPubli dabei helfen, die Welt der Nanotechnologie für sich zu entdecken und ihre Dimensionen zu begreifen.



**GBS**

Gewerbliches Berufs- und  
Weiterbildungszentrum St.Gallen



Zentrum für berufliche  
Weiterbildung



## Gewerbliches Berufs- und Weiterbildungszentrum St.Gallen

Das Gewerbliche Berufs- und Weiterbildungszentrum St.Gallen ist eine der grössten Berufsfachschulen der Schweiz. Bei uns wird neben den rund 50 Berufsfeldern der gewerblich-industriellen Grundbildung ein umfangreiches Weiterbildungsangebot geführt.

- 4700 Berufslernende
- 1800 Teilnehmende in der Weiterbildung
- 450 Lernende in den Brückenangeboten
- 470 Mitarbeitende

### Grundbildung

#### GBS St.Gallen – Ihr Weg in die Berufswelt ...

- Bauberufe
- Dienstleistungsberufe
- Technische Berufe
- Schule für Gestaltung
- Berufsmaturität
  - Technische
  - Gestalterische
  - Gesundheitlich-soziale
  - Gewerbliche

Telefon 071 226 56 00  
[info@gbssg.ch](mailto:info@gbssg.ch)

### Weiterbildung

#### Weiterbildung – Ihr Einstieg zum Aufstieg ... ... mit einer Weiterbildung am GBS St.Gallen.

- Baukaderschule
- Schule für Gestaltung
- Technik, Informatik, Logistik
- Management, Sprachen,  
Dienstleistungen

Telefon 071 226 58 00  
[weiterbildung@gbssg.ch](mailto:weiterbildung@gbssg.ch)

### Brückenangebote

#### Brückenangebote – Die Brücke zum Einstieg ... ... mit einem Brückenangebot am GBS St.Gallen.

- Berufsvorbereitungsjahr
- Vorlehre
- Integrationskurs

Telefon 071 226 58 30  
[bab@gbssg.ch](mailto:bab@gbssg.ch)





Das ZbW heisst Sie an der NanoPubli 2008 herzlich willkommen

## Berufsbegleitende und Vollzeit-Lehrgänge

# Dipl. Techniker/in HF

### Fachrichtungen Betriebstechnik, Elektrotechnik, Informatik, Maschinentechnik oder Mediatechnik (Multimediaproduzenten)

Nebst den 6-semestrigen, berufsbegleitenden «HF»-Lehrgängen werden in den Fachrichtungen Informatik, Elektrotechnik und Maschinentechnik auch 4-semestrige Vollzeit-Lehrgänge durchgeführt. Wir bieten Ihnen ein kompaktes, intensives und anerkanntes Ausbildungskonzept:

- Dozenten, die aus der Praxis unterrichten
- Hoher Anteil an konkreter Projektarbeit und Laborunterricht
- Praxisarbeit in eigener Nanowerkstatt (Fachrichtung Maschinentechnik)
- Intensive Lern-Unterstützung durch die Lehrkräfte
- Diplomarbeiten anhand konkreter Projekte aus Industrie und Gewerbe
- Zulassung nach abgeschlossenem Berufslehre, ohne Berufsmaturitätszeugnis
- Nach erfolgreichem Abschluss «Dipl. Techniker/in HF» Zulassung an die meisten Technischen Fachhochschulen

Interessiert?  
Gerne senden wir Ihnen die detaillierten Kursbeschreibungen zu oder unterstützen Sie im persönlichen Beratungsgespräch. Weitere Informationen finden Sie auch auf unserer Homepage.



**Zentrum für berufliche Weiterbildung**  
Gaisenwaldstrasse 6  
9015 St. Gallen  
Tel. 071 313 40 40  
Fax 071 313 40 00  
info@zbw.ch

Die Leistungsschule

## «Nano – Kleines ganz gross»

### Die interaktive Reise in die Nanowelt für alle!



Eine einzigartige Wanderausstellung macht von April bis November 2008 Station in der Ostschweiz. Am 16. und 17. September wird sie auch an der NanoPubli 2008 zu besichtigen sein.

Die interaktive Ausstellung wurde vom Verein MEMS-Point initiiert und umgesetzt. MEMS-Point ist ein informelles Netzwerk junger WissenschaftlerInnen und IngenieurInnen, die sich für Nano- und Mikrotechnologie interessieren und sich für die Nachwuchsförderung einsetzen. Ferner möchten sie der Bevölkerung die Faszination der Nanowelt näherbringen und Anregung zur Auseinandersetzung mit dem Thema «Nano» liefern. Mehr als 20 MEMS-Point-Mitglieder haben in ihrer Freizeit Ideen und Prototypen für die Exponate erarbeitet. Sie zeigen unter anderem, wie sich die Nanotechnologie mit der gezielten Manipulation von Atomen und Molekülen beschäftigt.

«Nano – Kleines ganz gross» lässt BesucherInnen auf spielerische Art in die Nanowelt eintauchen und hilft ihnen dabei, verblüffenden Phänomenen auf die Spur zu kommen. Beim Exponat «Farblos bunt» beispielsweise können sich die NanoPubli-Gäste eine Brille auf-



setzen und erleben, wie weisse Lichtpunkte sich in farbenfrohe Muster verwandeln. Nano macht's möglich: Die Brille besteht aus einer Folie mit Mustern im Nanometer-Massstab. Diese Muster sind für das menschliche Auge unsichtbar; wer sich jedoch die Brille aufsetzt, sieht Schneeflocken oder Smilies, weil die Folie den weissen Lichtstrahl beugt und in Regenbogenfarben aufteilt. Nach der gleichen Methode funktionieren auch Hologramme. Das Prinzip der Lichtbeugung kann ebenfalls in der Natur beobachtet werden. Der in der Ausstellung gezeigte Morpho-Falter schillert leuchtend blau, obwohl seine Flügel keine Farbpigmente aufweisen. Wieder ist es eine Nanostruktur, die das einfallend weisse Licht beugt und in die Regenbogenfarben aufteilt. ForscherInnen der Empa sind zurzeit dabei, solche Effekte auf Stoffe zu übertragen. Erste Prototypen zeigen sie in der Wanderausstellung.

Die Nanotechnologie gilt als Schlüsseltechnologie des 21. Jahrhunderts. Damit in der Nanotechnologie Fortschritte gemacht werden, braucht es junge Menschen, die sich für dieses Forschungsgebiet begeistern und sich mit ihm beschäftigen.

[www.memspoint.com](http://www.memspoint.com)





**Anwendungsorientierte Forschung  
Innovative Entwicklungen  
Technologietransfer in Wirtschaft & Gesellschaft  
Dienstleistungen & Expertisen**

Die Empa hat viele Facetten – und ein gemeinsames Ziel: **Forschung in marktfähige Innovationen umzuwandeln.**

[www.empa.ch](http://www.empa.ch)



## Neue Möglichkeiten – neue Fragen

### Nanotechnologie in Umwelt und Gesundheit

Die Bundesämter für Umwelt und Gesundheit engagieren sich für eine objektive Beurteilung der Risiken und die aktive Nutzung von Chancen.

[www.umwelt-schweiz.ch/nanotechnologie](http://www.umwelt-schweiz.ch/nanotechnologie)  
[www.bag.admin.ch/nanotechnologie](http://www.bag.admin.ch/nanotechnologie)



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Bundesamt für Umwelt BAFU

Bundesamt für Gesundheit BAG

## Erfolgreiche Unternehmen starten im tebo.



**tebo**

Das Technologiezentrum  
an der Empa in St.Gallen

[www.tebo.ch](http://www.tebo.ch) • [info@tebo.ch](mailto:info@tebo.ch)



# Nano@Empa

Bereits heute sind zahlreiche Produkte auf dem Markt, welche es ohne Nanotechnologie kaum geben würde: sich selbst reinigende Fensterscheiben, die den Schmutz auflösen, Bohrköpfe, welche dank «Nanoüberzug» noch härter sind, Bakterienfilter zur Trinkwasseraufbereitung, «intelligente» Textilfasern, die Schweißgeruch verhindern, sowie superleichte und trotzdem äusserst stabile Fahrradgestelle. Aus immer mehr Alltagsprodukten sind Nanoteilchen nicht mehr wegzudenken: Manche Sonnencremes enthalten winzige Titandioxidteilchen als UV-Schutz, Zusatzstoffe in Nanogrösse helfen Ketchup, flüssig zu bleiben, und in Autoreifen sorgen Nanokohlenstoffpartikel für bessere Haftung auf der Strasse.

In den Labors der Empa beschäftigen sich WissenschaftlerInnen schon seit vielen Jahren mit den elementaren Bausteinen der Materie. Atome und Moleküle werden wie Legosteine verschoben und wieder neu zusammengesetzt. Für die Bauarbeiten in der Nanowelt braucht es neuartige Mikroskope und Werkzeuge. Mit ihnen lassen sich winzige Drähte, hauchdünne Röhrchen etwa aus Kohlenstoff, neuartige Oberflächenbeschichtungen sowie feinstes Pulver herstellen und die Eigenschaften genau ausloten, im Idealfall sogar auf einen bestimmten Verwendungszweck hin «massschneidern».

Setzen Hersteller Materialien ein, die aus nur wenige Nanometer grossen Bausteinen bestehen, dann machen sie sich neuartige Materialeigenschaften zunutze. Das veränderte physikalische, chemische oder biologische Verhalten der Nanomaterialien kann möglicherweise aber auch Risiken mit sich bringen. Wird beispielsweise vom Gesundheitsrisiko durch lungengängige Partikel gesprochen, so betrifft dies frei in unserer Umgebungsluft vorkommende Nanopartikel. In Produkten gebundene Partikel – etwa magnetische Nanopartikel in den Datenspeichern unserer Computer – oder Nanopartikel, die sich zu grösseren «Mikropartikeln» zusammengeklumpt haben, gelten dagegen als unbedenklich.

Als eines von wenigen Forschungsinstituten befasst sich die Empa zusammen mit verschiedenen Partnerinstitutionen nicht nur mit den technologischen und wirtschaftlichen Chancen der Nanotechnologie, sondern auch mit möglichen Risiken. Empa-ForscherInnen untersuchen, wie Nanopartikel menschliche und tierische Zellen beeinflussen und wie sich die winzigen Teilchen auf die Umwelt auswirken. Ausserdem spielt die Empa eine wichtige Rolle in der Technologiefolgen-Abschätzung der künftigen «Nanoindustrie». Um die Sicherheit der eigenen Mitarbeitenden in den Labors zu gewährleisten, hat die Empa strenge Regelungen im Umgang mit Nanomaterialien eingeführt.

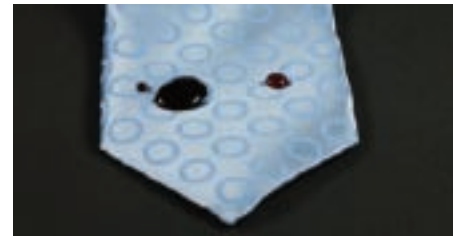
[www.empa.ch](http://www.empa.ch)  
[www.empa.ch/portal](http://www.empa.ch/portal)  
[www.empa-akademie.ch](http://www.empa-akademie.ch)



Nanostrukturen erzeugen Farben und lassen Muster erscheinen.



Eine Schicht aus Nanokristallen macht Bohrer härter als Diamant.



Dank spezieller Nanohülle perlt Rotwein oder Salatsauce von edler Seide ab.



Silberdurchwirkte Textilien hemmen Keimwachstum und Geruchsentwicklung.



Materials Science & Technology

# Was ist Nanotechnologie?

Ein Nanometer verhält sich zu einem Meter wie der Durchmesser einer Bleistiftmine zur Strecke Zürich–Flensburg.



## Nanotechnologie und Nanowissenschaften

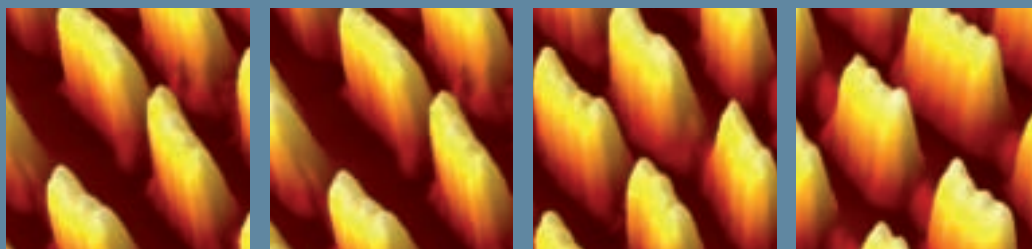
«Nano» kommt vom griechischen *nános* und bedeutet «Zwerg». Ein Nanometer ist ein Milliardstel Meter ( $10^{-9}$  m). Die Nanowissenschaft erforscht kleinste Teilchen. Chemiker, Physikerinnen, Biologen, Medizinerinnen und Materialwissenschaftler ergründen diese junge multidisziplinäre Wissenschaft. Dabei stossen sie in Dimensionen vor, in denen Atome und Moleküle das Mass der Dinge sind. Um sich solche Dimensionen besser vorzustellen, helfen Vergleiche: ein Nanometer verhält sich zu einem Meter wie beispielsweise der Durchmesser einer Bleistiftmine zur Luftlinie Zürich–Flensburg (ca. 1000 km). Oder wie der Durchmesser einer Haselnuss zum Durchmesser der Erde. Fast unvorstellbar klein also.

## Wie werden die kleinsten Dimensionen erforscht?

Die Nanotechnologie befasst sich mit der Herstellung und Nutzung von Teilchen, Strukturen und Werkzeugen im Nanometermassstab. Dabei gilt es, deren Aufbau, Grösse und Eigenschaften zu beherrschen. Möglich wird dies durch entsprechende Werkzeuge wie das 1981 erfundene Rastertunnelmikroskop. Mit ihm lassen sich Materie und Vorgänge in atomarer und molekularer Grössenordnung beobachten, messen und kontrollieren.

## Aus winzigen Bauteilen erwachsen

Die Nanotechnologie ermöglicht neue Wege, kleinste Bauteile zu verändern. Vorbild ist die belebte Umwelt. In der Natur bauen sich einzelne Atome von selbst auf zu Aminosäuren, Proteinen, Zellen und schliesslich zu ganzen Organismen. Der Traum der Forschenden ist es, nach dem Prinzip «bottom-up» (engl., etwa «von unten nach oben») aus kleinsten Bauteilen grössere Einheiten herzustellen – im Gegensatz zum Ansatz «top-down» (engl., etwa «von oben nach unten»), bei dem grosse Strukturen immer mehr verkleinert werden. Ziel ist, Effekte der Selbstorganisation auszunutzen, so dass sich Strukturen und Teilchen unter bestimmten Vorgaben selbstständig bilden.



Eine winzige Zange ergreift ein Wolframkarbid-Pulverkorn.



Für den Bau eines neuartigen Atomkraftmikroskops arbeiten PhysikerInnen und IngenieurInnen an der Empa eng zusammen.



# Welche Nanoprodukte gibt es heute?

## Dünne, harte Nano-Oberflächen

Viele Anwendungen der Nanotechnologie finden sich im Bereich der Oberflächengestaltung. Dünne, harte Schutzschichten aus Keramik verlängern die Lebensdauer von vielen Gegenständen. Sie verhindern, dass diese vorzeitig mechanisch verschleissen oder von ätzenden Flüssigkeiten und Gasen zersetzt werden. Um die Härte von Schutzschichten zu erhöhen, nutzen Empa-ForscherInnen Effekte im Nanometerbereich: Kleinste Körner lassen sich nicht mehr verformen, sie müssen «nur» noch geeignet miteinander verbunden werden, um bei einer Belastung das Abgleiten gegeneinander zu vermeiden. Strandläuferinnen und -läufer kennen dieses Verhalten aus der Makrowelt: Treten sie auf einen Strandabschnitt, der eben von Wellen überspült wurde, sinken sie weniger ein als auf trockenem Sand. Der Grund: Nasse Körner bewegen sich viel schlechter gegeneinander als trockene, da das Bindemittel Wasser sie zusammenhält. Unsere WissenschaftlerInnen übertragen diesen Effekt auf dünne Oberflächenschichten, indem sie Nanometer grosse Hartstoffpartikel mit einem geeigneten Bindemittel verknüpfen. Damit lässt sich die Härte deutlich steigern.

## Oberflächenbehandelte Textilien

Textilien können mehr als schützen und wärmen. Wenn die Oberflächen ihrer Fasern auf Mikro- und Nanometerebene mit mechanischen, chemischen und physikalischen Methoden strukturiert werden, können sie die unterschiedlichsten Eigenschaften annehmen: Wasser abstossend und pilztötend, hitzebeständig und mechanisch belastbar sind nur einige Beispiele. Wenn Kunststoffnetze mit nanokristallinem Silber beschichtet werden, sorgen sie als Wundverbände dafür, dass Keime gezielt und schnell abgetötet werden. Und mit Nanokapseln versehene Textilien können Heilsubstanzen aufnehmen und mit zeitlicher Verzögerung in vorgegebener Dosierung wieder abgeben.

## Kohlenstoff-Nanoröhrchen (KNR) für Sport und Elektronik

Dank geringem Durchmesser und günstigem Verhältnis von Länge zu Durchmesser eignen sich die ständig billiger herzustellenden Kohlenstoff-Nanoröhrchen (KNR, engl. «Carbon Nanotubes», CNT) für vielerlei Anwendungen. Beispielsweise als Bestandteile eines Kunstharzes, der Fahrradrahmen zusätzliche Festigkeit verleiht und sie nicht schwerer macht.

Qualitativ hochstehende KNR werden hingegen besonders als Bausteine für elektronische Komponenten verwendet, etwa als Elektronenquellen für ultraflache Bildschirme. Bereits bei relativ geringen Spannungen entsteht ein starkes elektrisches Feld am freien Ende des Röhrchens. Elektronen, die aufgrund dieses starken Feldes aus der Spitze der Nanotubes ausgerissen werden,



Plasmabeschichtungsanlage der Empa in St. Gallen.





Mit Silber ummantelte Fasern können zu antibakteriell wirkenden medizinischen Textilien verarbeitet werden.



Sich selbst reinigende Fensterscheiben lösen Schmutz auf – dank Nanobeschichtung.



Struktur eines Kohlenstoff-Nanoröhrchens  
(Bild: NCCR Nanoscale Science)

prallen auf die Leuchtstoffschicht des Bildschirms und regen sie punktförmig zum Leuchten an. Jeder einzelne Bildpunkt (Pixel) besitzt somit – im Gegensatz zu konventionellen Bildschirmen – eine eigene Elektronenquelle, die zu überragender Farbqualität und Helligkeit beiträgt.

## Nanopulver

Nanopulver ist das heute am weitesten verbreitete Produkt der Nanotechnologie. Keramisches Pulver wie Sand besteht aus Millimeter oder Mikrometer grossen Partikeln. Für viele Anwendungen ist es zu grobkörnig und damit chemisch zu wenig reaktiv. Damit die Teilchen schneller reagieren und gezielt wirken, müssen sie wesentlich kleiner sein, das heisst Dimensionen im Nanometermassstab aufweisen. Titandioxidteilchen können besonders aktiv sein und lassen sich gezielt für die Photokatalyse einsetzen: Unter UV-Licht zersetzen sie organischen Schmutz. Ideal, um Wände in Spitälern steril zu halten oder Glasfassaden von Wolkenkratzern selbstreinigende Eigenschaften zu verleihen.

Solche Feinstpartikel lassen sich am besten über Atome oder Moleküle in geeigneten Prozessen herstellen. Die Empa kontrolliert in ihren Labors den Zusammenprall und das Verschmelzen von gasförmigen Ausgangsstoffen, damit Nanopartikel mit gewünschten Eigenschaften (Grösse, Form, Struktur und Zusammensetzung) entstehen. Nanopulver wird in hochfesten Zahnfüllungen, abriebfesten Reifen oder bioaktiven Keramikimplantaten für Hüftersatzgelenke eingesetzt. Und es lässt sich als Zusatzstoff in Sprays verwenden, insbesondere in der Oberflächentechnik.

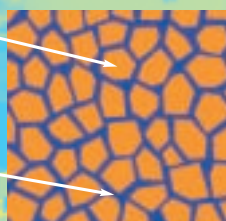
Makrokomposit



Körner  
Feldsteine, 20 cm  
TiN, 10 nm

Binder  
Mörtel, 1 cm  
Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, 0.5 nm

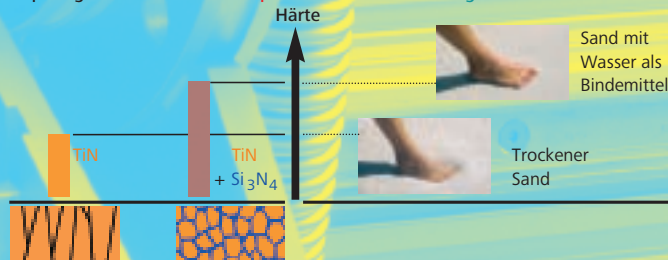
Nanokomposit



Einphasig

Nanokomposit

Vergleich mit Sand



# Welche Technologien gibt es in der Nanowelt?

## Feinste Pulver aus der Flamme

Es gibt zwei grundlegend verschiedene Wege, Nanopartikel bzw. Nanopulver herzustellen: Entweder wird ein Festkörper immer weiter zerkleinert und zu Pulver gemahlen oder aber die einzelnen Pulverteilchen werden durch Zusammenfügen von Atomen und Molekülen aufgebaut. In Plasmabrennern wird der zweite Weg beschritten: In Flammen, die über 8000 Grad Celsius heiss sind, werden beliebige Ausgangsstoffe zum Verdampfen gebracht. Sinken die Temperaturen wieder ab, kondensieren die Stoffe und bilden meist kristalline, wohl definierte Nanopartikel. Um zu verhindern, dass gleich wieder grössere Strukturen wachsen, werden sie möglichst schnell abgeschreckt. Nanopartikel ballen sich aufgrund ihrer Anziehungskräfte während Herstellung und Verarbeitung zusammen und bilden so das sichtbare Pulver. Weil das Zusammenballen eine optimale Wirkung jedoch verhindert, ist es das Ziel der Empa-ForscherInnen, die Nanopartikel getrennt voneinander als Nanokügelchen, -stäbchen oder -plättchen herzustellen und direkt weiterzuverarbeiten.



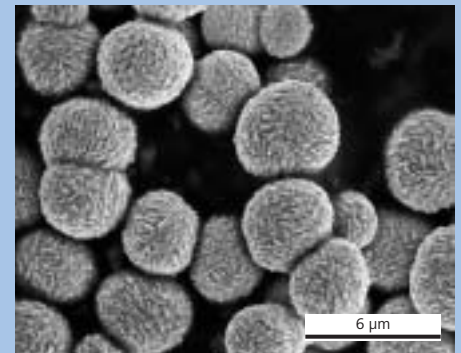
In Flammen und im Plasma lassen sich Nanopartikel methodisch herstellen.

## Multifunktionale Textilien – gesponnen, gewoben, profiliert und beschichtet

Plasma-, Elektro- oder Schmelzspinnen, Mikroprofilieren, Tauchbeschichten oder Weben von Bikomponentenfasern – das alles sind Methoden, um funktionale Fasern und Textilien herzustellen bzw. systematisch zu veredeln. Mit ihrer Plasma-Beschichtungsanlage bringt die Empa in St.Gallen gezielt Nanometer dicke



«Intelligente» Textilfasern können Schweißgeruch absorbieren.



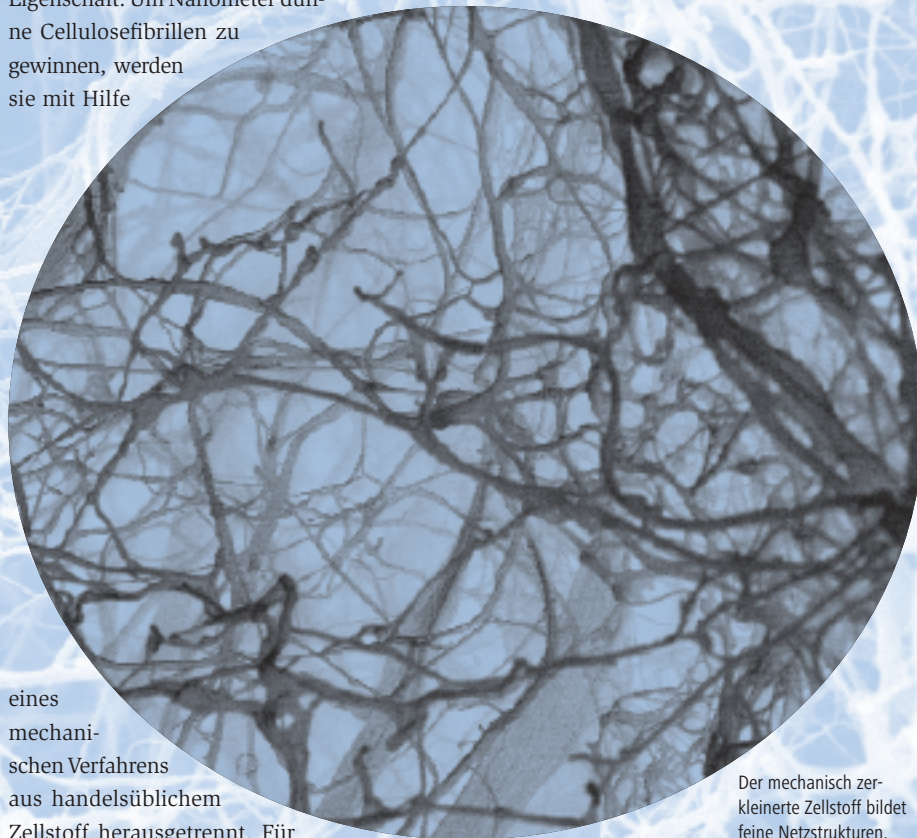
Nanopartikel aus Silber in der äusseren Faserschicht wirken Infektionen entgegen.



## Holz als Basis für einen Nanowerkstoff

Schichten auf Fasern auf. Silber hat sich zum Beispiel als Beschichtungsmaterial bewährt, da es leicht zu verarbeiten ist, antibakteriell und pilztötend wirkt sowie elektrisch gut leitet. Zudem werden nur geringe Mengen benötigt und der Prozess ist umweltfreundlich. Auch eine Schmelzspinnanlage ist an der Empa in St.Gallen in Betrieb: Aus zwei unterschiedlichen thermoplastischen Kunststoffen plus Zusätzen entstehen High-Tech-Fasern, die variable Querschnitte und Profile besitzen. Daraus lassen sich zum Beispiel Fasern mit photovoltaischen Eigenschaften kreieren: Sie können die Energie des Lichtes in Strom umwandeln und versorgen als «Kraftwerk» im Anzug auch unterwegs Handys oder GPS-Systeme mit Power.

Auch Holz inspiriert die Empa-Forschenden: Cellulosefibrillen, die in der Zellwand in eine Lignin-Matrix eingebettet sind, verleihen dem Holz seine hohe Zugfestigkeit – eine auch für andere Werkstoffe wünschenswerte Eigenschaft. Um Nanometer dünne Cellulosefibrillen zu gewinnen, werden sie mit Hilfe

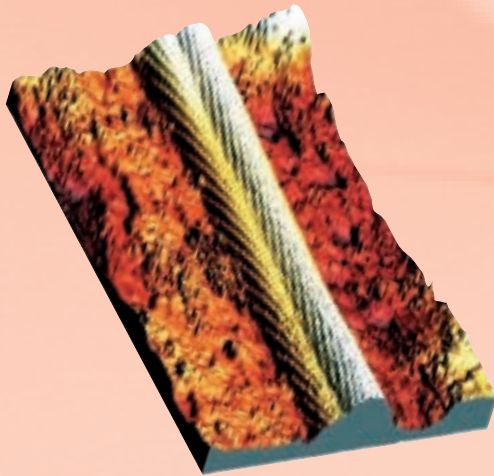


eines mechanischen Verfahrens aus handelsüblichem Zellstoff herausgetrennt. Für die anschliessende Mischung und Ankopplung an (Bio-)Polymere werden die Fibrillen chemisch modifiziert. Die Einsatzgebiete sind vielfältig: So werden Cellulosefibrillen für Verpackungsmaterialien, Klebstoffe und Fasern eingesetzt.

Der mechanisch zerkleinerte Zellstoff bildet feine Netzstrukturen. Die einzelnen Fibrillenfäden haben einen Durchmesser von ca. 20 Nanometer.

# Wie wird Nano erforscht?

In den kleinsten Dimensionen sind wir «blind». Denn das Auflösungsvermögen des menschlichen Auges beträgt «nur» 0,2 Millimeter. Der Mensch kann also gerade noch Punkte erkennen, die einen Abstand von 0,2 Millimeter voneinander haben. Ist der Abstand kleiner, braucht er optische Hilfen: Lupen oder Mikroskope.

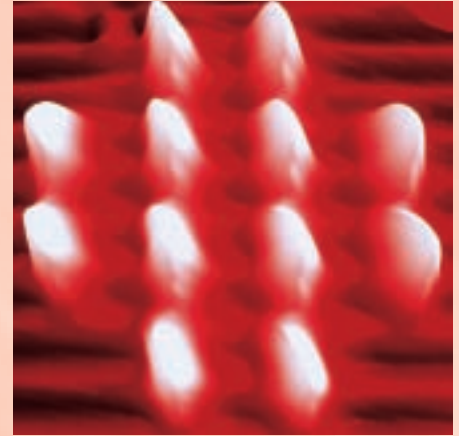


Rastertunnelmikroskop-Aufnahme zweier Kohlenstoff-Nanoröhrchen (KNR), Durchmesser ca. 1 Nanometer mit unterschiedlichem Drehsinn.

## Mikroskope für die Nanowelt

Optische Mikroskope haben eine Auflösung um die 0,2 Mikrometer, Rasterelektronenmikroskope (REM) um die 2 Nanometer. Weil der Durchmesser von Atomen bei ca. 0,2 Nanometer liegt, sind sie nicht mehr zu erkennen. Sie bleiben für uns im Dunkeln. Was machen wir, wenn wir in der Dunkelheit nichts mehr sehen und uns orientieren müssen? Wir ertasten unsere Umgebung. Dieses Prinzip macht sich das Rastertunnelmikroskop (STM, von Scanning Tunnelling Microscope, engl.) zu Nutze, um Oberflächen in atomarer Auflösung abzubilden.

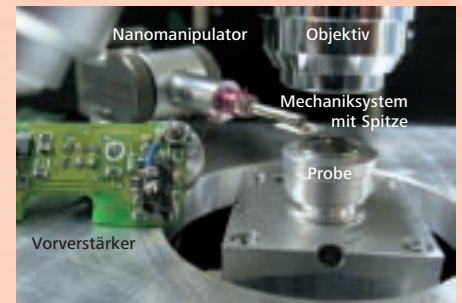
Im STM wird eine feine, elektrisch leitende Nadel, auf deren Spitze ein einzelnes Atom sitzt, an eine elektrisch leitende Probe herangeführt. Kommen sich die beiden einander näher bis auf einen Abstand von weniger als einem Atomdurchmesser, ohne sich jedoch zu berühren, so beginnt ein elektrischer Strom zu fließen, der so genannte Tunnelstrom. Bei konstantem Strom schiebt nun ein hochpräzises Mechaniksystem die Spitze Linie für Linie über die Oberfläche, die dadurch abgerastert wird. Anhand des Tunnelstroms erkennt oder «erfühlt» die Spitze die Atome. Die Höhenbewegung, die die Spitze durchführt, um den Tunnelstrom konstant zu halten, wird von einem Computer aufgezeichnet und mit der Hin- und Herbewegung zu einem dreidimensionalen Abbild der Oberfläche zusammengesetzt. Für die Erfindung dieses neuen Mikroskop-Prinzips erhielten



«Blick» durchs Rastertunnelmikroskop: Zwölf Propen-(C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>-)Moleküle wurden zu einem Kreuz zusammengefügt.

Heinrich Rohrer und Gerd Binnig vom IBM-Forschungszentrum in Rüslikon 1986 den Physik-Nobelpreis.

Auch bei der Weiterentwicklung des STM, dem Rasterkraftmikroskop (AFM, von Atomic Force Microscope, engl., auch Scanning Force Microscope, SFM, genannt), spielt wiederum die Spitze einer Nadel die Hauptrolle. Während das STM den Tunnelstrom misst, zeichnet das AFM die Kraft auf, die wirkt, wenn die auf einem Federbalken angebrachte Spitze über «Berge und Täler» der Probe streicht. Die Proben müssen dazu nicht unbedingt elek-



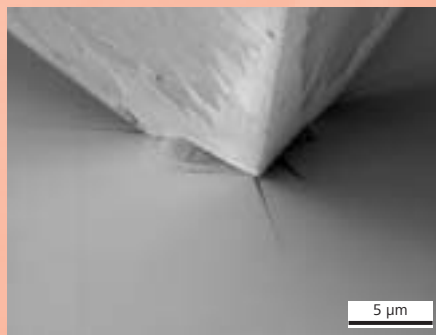


## Miniatur-Mechaniklabor im Rasterelektronenmikroskop (REM)

Um Eigenschaften und Phänomene in der Nanowelt zu untersuchen, braucht es neuartige Werkzeuge. Wer beispielsweise nanometerdicke Beschichtungen herstellen will, muss deren mechanische Eigenschaften sehr genau kennen. Herkömmliche makroskopische Zug- und Biegeversuche funktionieren nicht mehr; gängige Werkzeuge und Analyseverfahren werden hinfällig. Allein schon um eine Probe zu bewegen, benötigen die WissenschaftlerInnen feinste Manipulationstechniken und ungewohnte Präzisionswerkzeuge.

Bei der Härtemessung beispielsweise wird die Oberfläche mit einer Diamantpyramide eingedrückt. Im REM betrachten die Forscherinnen und Forscher beim miniaturisierten Härteversuch in Echtzeit, wie sich das Material im Submikrometerbereich deformiert. Gleichzeitig messen sie die aufgebrachte Kraft und die Eindringtiefe. Dies liefert wertvolle Informationen zum Verständnis der Materialeigenschaften.

Der Elektronenstrahl arbeitet aber nicht nur als «Beobachter»; wenn er als «Handlanger» eingesetzt wird, lassen sich mit ihm auch kleine Strukturen kreieren. Er kann metallhaltige Moleküle, die sich auf einer Oberfläche abgelagert haben, derart aufbrechen, dass nur noch die Metallatome haften bleiben. Indem der Elektronenstrahl exakt positioniert wird, können so beliebige zwei- oder dreidimensionale Strukturen gestaltet werden.

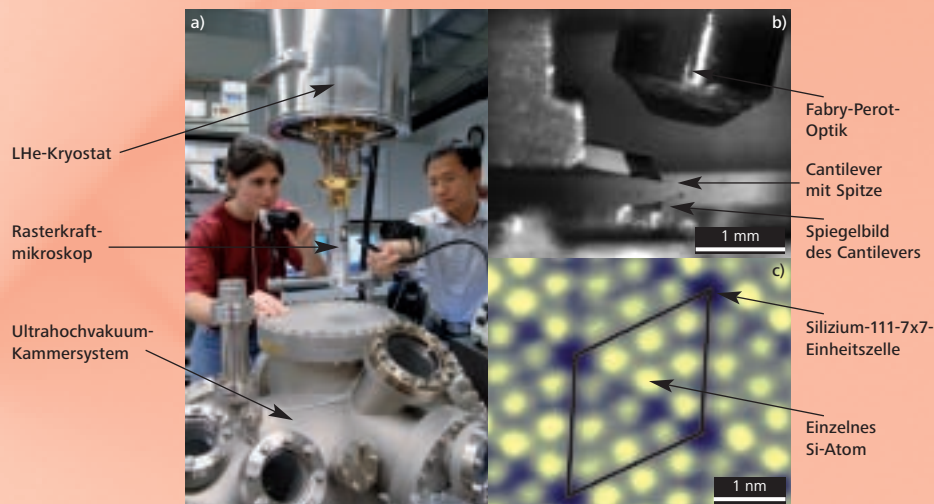


Eine winzige Diamantpyramide als Werkzeug eingesetzt hinterlässt Spuren auf einer Glasoberfläche (REM-Aufnahme).

trisch leitfähig sein. Sowohl STM als auch AFM können nicht nur Oberflächen vermessen, sondern auch als Werkzeuge arbeiten und dadurch beispielsweise einzelne Moleküle verändern. Auf dem Markt sind heute bereits zahlreiche kommerzielle Geräte erhältlich. Trotzdem gibt es immer wieder spannende Weiterentwicklungen.

Physikerinnen und Maschineningenieure an der Empa entwerfen und bauen zurzeit ein Kraftmikroskop namens UHV-LTSFM für den Einsatz im Ultrahochvakuum (UHV) und bei tiefen Temperaturen («Low Temperature», LT) – nur wenige Grad über dem absoluten Null-

punkt (-273 °C). Dieses Gerät arbeitet mit ultrakleinen Federbalken, die zehnmal kleiner und zehnmal empfindlicher sind als die heute gebräuchlichen. Damit sollte es möglich werden, einzelne Moleküle in ihrem Aufbau zu untersuchen und für die Grundlagenforschung entscheidende Experimente durchzuführen.



- a) Letzte Installationsarbeiten vor Inbetriebnahme der neuen UHV-Tiefemperaturrasterkraftmikroskopanlage an der Empa.  
 b) Blick mit dem optischen Mikroskop auf den Cantilever: Oberhalb des Cantilevers ist die Fabry-Perot-Optik zu sehen, mit der Auslenkungen des Cantilevers mit einer Präzision von  $10^{-15} \text{ m}/\sqrt{\text{Hz}}$  =  $1/1\,000\,000 \text{ nm}/\sqrt{\text{Hz}}$  gemessen werden können.  
 c) Silizium-(111)-7x7-Oberfläche: Einzelne Atome sind sichtbar.

# Ist Nanotechnologie gefährlich?

«Nanotechnologie ist die Zukunft und wird uns sensationelle Ergebnisse in den Materialwissenschaften und Fortschritte für die ganze Gesellschaft bringen», prophezeien die einen. «Vorsicht: Nanotechnologie ist eine neue Wissenschaft und wir wissen noch nicht, wohin uns die bejubelten Errungenschaften führen, und ob sie auch negative Auswirkungen haben können», geben die SkeptikerInnen zu bedenken. Eventuelle Risiken müssen deshalb möglichst genau abgeschätzt werden.

## Natürliche und künstliche Nanopartikel

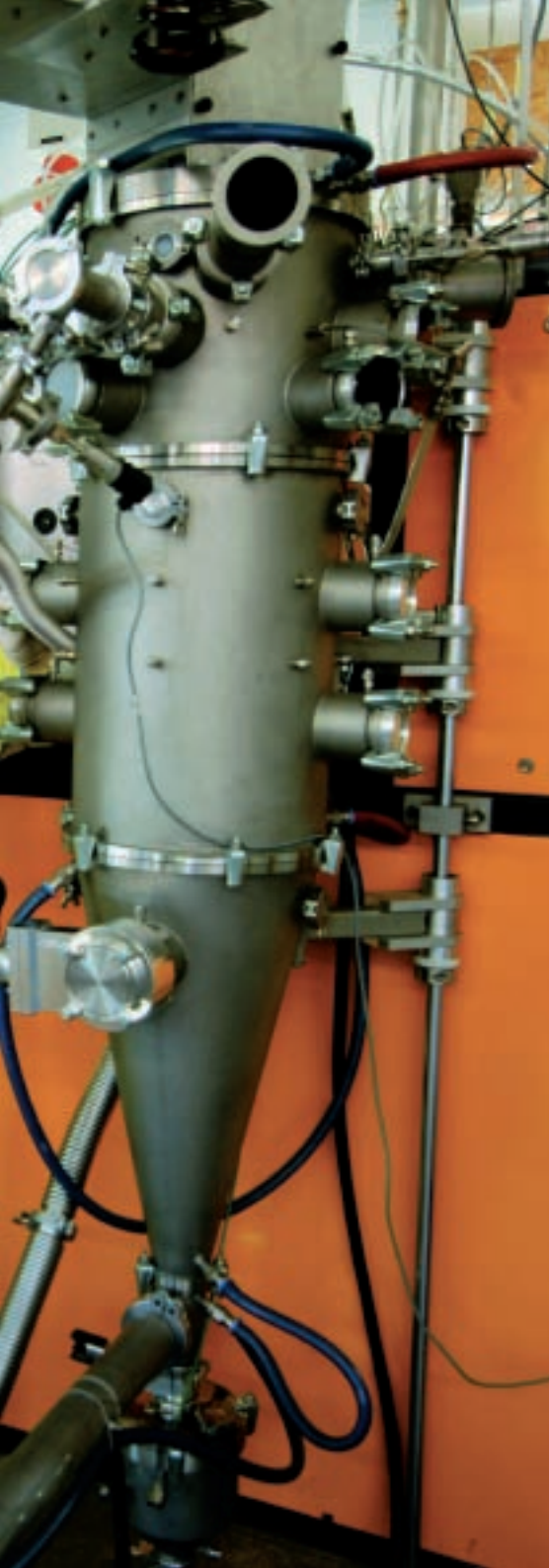
Bakterien stellen seit Millionen von Jahren Nanopartikel her. In Böden und in Wasser entstehen Nanopartikel durch geologische Prozesse. Auch sphärisch angeordnete Kohlenstoffatome, die ausschauen wie Fussbälle oder Röhrchen, können durch natürliche Prozesse gebildet werden. Nanopartikel sind in der Natur also durchaus ein bekanntes Phänomen. Künstlich hergestellte komplexe Nanopartikel mit chemisch reaktiver Oberfläche verhalten sich jedoch unter Umständen anders als natürliche Nanopartikel. Sie helfen, Medikamentenstoffe zu den Zellen zu transportieren oder Elektrizität durch nichtleitende Materialien zu führen. Sie können aber auch Atemfunktionen beeinträchtigen, Reaktionen des Immunsystems auslösen und in Zellen zu spezifischen Entzündungen führen. Weil die Technologie so jung ist, weiss niemand, worauf die Forschung sich konzentrieren soll: Ist die Anzahl der Partikel ausschlaggebend, welcher eine Person ausgesetzt ist? Ist es die chemische Zusammensetzung oder die Grösse? Oder ist es die Gesamtoberfläche einer Portion Nanopulver?



Neue Regeln für den Umgang mit Nanopartikeln?







## Nanorisiko

Empa-ForscherInnen arbeiten in zahlreichen nationalen und internationalen Projekten mit ExpertInnenen aus dem In- und Ausland zusammen: Sie nutzen bereits vorhandene Erkenntnisse und generieren neues Wissen, um zu einem besseren Verständnis der möglichen Risiken für Gesundheit, Gesellschaft und Umwelt beizutragen. Ihre Arbeiten helfen, das Risiko durch Nanopartikel abzuschätzen, indem sie den Einfluss von Nanopartikeln auf Mensch und Umwelt analysieren und auch gesellschaftliche Aspekte mit einbeziehen.

Die Empa misst der Sicherheit im Umgang mit Nanopulvern höchste Bedeutung zu (hier Pilotproduktion auf Basis der Plasmasynthese).

## Nanotoxikologie

Jede neue Technologie, die entwickelt wird, geht mit entsprechenden Risiken einher. Es liegt an der Gesellschaft zu entscheiden, wie gross die Risiken sein dürfen, und welche davon akzeptabel sind, das heisst die Vorteile einer Technologie müssen klar dominieren, um eine Akzeptanz zu erreichen. Der Nutzen der neuen Entwicklungen muss ersichtlich sein und die Sicherheit des Einzelnen, der Gesellschaft oder der Umwelt darf nicht gefährdet werden. Dazu gibt es für die Nanotechnologie eine begleitende Sicherheitsforschung: die Nanotoxikologie. Die Schwierigkeiten, die sich für die Untersuchung der neuen Nanomaterialien ergeben, sind in den Strukturen selbst begründet: Diese sind so klein, dass nur wenige Messinstrumente sie wirklich analysieren können. An alle wissenschaftlichen Disziplinen sind daher hohe Anforderungen gestellt, sowohl was die Möglichkeiten als auch die möglichen Gefährdungen angeht. An der Empa wurde in enger Zusammenarbeit von Biologinnen und Materialwissenschaftlern sowie mit ForscherInnen der ETH Zürich ein Testsystem entwickelt, das schnell und zuverlässig die biologische Wirkung der Nanopartikel erfasst und die Abschätzung einer möglichen Gefährdung zulässt. Auf der Basis solcher Testsysteme sollen in Zukunft die unterschiedlichsten Materialien getestet und bewertet werden.





Sie denken an  
Innovation.

**Wir auch an  
Investment.**

Private Banking • Investment Banking • Asset Management

Für das Wohl unserer Kunden betrachten wir Dinge aus einem neuen Blickwinkel. Aufbauend auf unserer Erfahrung und Kompetenz entdecken wir zukünftige Trends und helfen ihnen, neue Chancen zu realisieren. Seit 1856 ist das unsere Philosophie.  
[www.credit-suisse.com](http://www.credit-suisse.com)

**Neue Perspektiven. Für Sie.**

**CREDIT SUISSE** 