

Ausstellungsführer

# Nanotechnologie Aufbruch in neue Welten

*Nanotechnologie zum Begreifen*

*Exponate aus Forschung und Wirtschaft*



*Liebe Ausstellungsbesucher,*

*Nanotechnologie ist zwar immer öfter in den Medien und inzwischen findet man das Wort auch in einigen Wörterbüchern, aber dennoch besteht in der Öffentlichkeit nur ein sehr diffuses Bild über diese Zukunftstechnologie. Es geht auch längst nicht mehr nur um die Zukunft: Vielleicht befindet sich schon ein Stück Nanotechnologie in Ihrem Badezimmerschrank, in der Küche, im Büro oder in Ihrem Auto.*

*Nanowissenschaft und Nanotechnologie sind keine kleinen Spezialdisziplinen, sie sind die konsequente Fortentwicklung von Wissenschaft und Technik zu höherer Präzision und zu immer kleineren Details. Egal, ob ein Wissenschaftler aus der Physik, der Chemie, der Biologie oder aus der Medizin kommt, wenn er sein Forschungsobjekt bis ins kleinste Detail, also bis aufs Atom genau verstehen will, dann braucht er die Nanotechnologie.*

*Und wozu ist das alles gut? Die Anwendungen der Nanotechnologie reichen in fast alle Lebensbereiche hinein, vom Rostschutz bis zur Badezimmerfliese, vom Autoreifen bis zum Computerchip oder vom Deo bis zur Therapiemethode gegen Hirntumor. Auch diese Vielseitigkeit macht es dem Außenstehenden nicht leichter, das Wort "Nanotechnologie" einzuordnen.*

*Genau dabei möchte Ihnen diese Ausstellung helfen. Sie sehen hier zwar auch die Nanotechnologie in ihrer ganzen Vielfalt, es geht aber vor allem um den roten "Nano-Faden", der alle Exponate miteinander verbindet. Sie finden hier Gegenstände und Produkte aus Nanowissenschaft und Nanotechnologie, können diese in die Hand nehmen und sich darüber informieren, was zum Beispiel ein Lautsprecher oder Sonnencreme mit Nanotechnologie zu tun haben.*

*Wir wünschen Ihnen viel Spaß dabei!*



## Inhalt

Was ist Nano?	1
Der Nanokosmos - eine andere Welt	2
Meilensteine der Nanotechnologie	3
Meilensteine der Nanoanalytik	4
Rastersondenmethoden	5
Rastertunnelmikroskopie	6
Rasterkraftmikroskopie	7
Beispiele für verschiedene Mikroskoptypen	8
Nanomagnetismus und digitale Daten	9
Nanoelektronik	10
Nanotechnologie und dünne Schichten	11
Nanomaterialien - Werkstoffe aus Nanopartikeln	13
Funktionelle Beschichtungen mit Nanopartikeln	15
Nanotechnologie in der Medizin	17
Nanotechnologie in der Kosmetik	19
Nanotechnologie im Haushalt	20
Nanotechnologie im Auto	22
Ausstellerliste	23
Alle Exponate im Überblick	25

## Was ist Nano?

**nanos** heißt auf griechisch Zwerg



*Dieser wohl kleinste Zwerg der Welt wurde aus 28 Kohlenmonoxid-Molekülen auf einer Platinfläche erzeugt*

*(Peter Zeppenfeld, IBM)*

## Ein Nanometer...

... ist ein Millionstel Millimeter (Abkürzung *1 nm*). Diese Längeneinheit hat der Nanotechnologie ihren Namen gegeben. Ein Nanometer ist in einem Stück Metall etwa die Länge von vier aneinandergereihten einzelnen Atomen.

Ein Nanometer verhält sich zu einem Meter wie der Durchmesser eines einzelnen Atoms zu dem eines Apfels oder wie der Durchmesser einer Haselnuss zu dem der Erde.

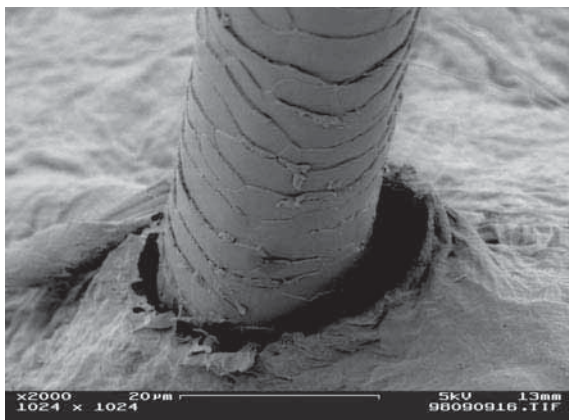


## Nanotechnologie...

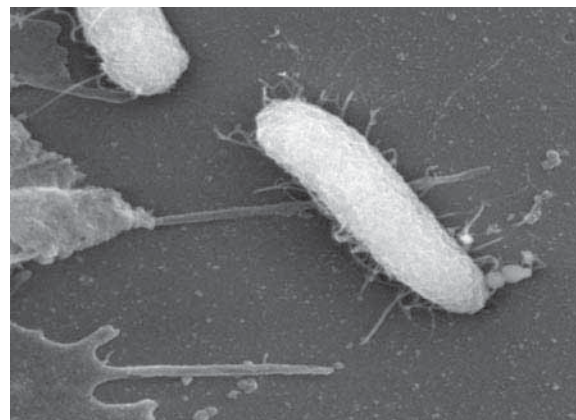
... ist der Oberbegriff für den Wissenschafts- und Technologiezweig, der sich der Erforschung, Bearbeitung und Produktion von Gegenständen und Strukturen widmet, die **kleiner als 100 Nanometer** sind. Nicht selten spielen hier sogar so winzige Details wie einzelne Atome und Moleküle eine wichtige Rolle.

## 100 Nanometer - das Tor in den Nanokosmos

Unser Kopfhaar ist 700 mal dicker als 100 Nanometer. Selbst die kleinsten Lebewesen der Erde, die Bakterien, sind zwei bis 50 mal größer als die Grenze zum Nanokosmos.



*Kopfhaar, Elektronenmikroskopische Aufnahme der Beiersdorf AG*



*Sich teilende Bakterie, Elektronenmikroskopische Aufnahme der Beiersdorf AG*

# Der Nanokosmos - eine andere Welt

## Im Nanokosmos sind wir blind

Die elektromagnetischen Wellen des sichtbaren Lichtes sind vier bis acht mal größer, als 100 nm, die Grenze zum Nanokosmos. Lichtwellen sind daher viel zu "grob" um die feinen Details im Nanokosmos zu sehen.

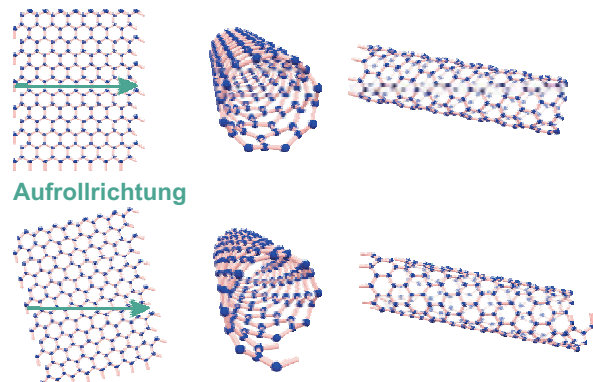
## Eine Quantenwelt

Objekte der Nanotechnologie sind so klein, dass man die Atome und Moleküle zählen kann, aus denen sie bestehen. Für Atome und Moleküle gelten **andere physikalische Gesetze** als in unserer makroskopischen Welt, die Gesetze der **Quantenphysik**. Die Quantenphysik setzt der Miniaturisierung unserer herkömmlichen Technik Grenzen, ist aber auch eine **Quelle neuer Möglichkeiten**.

## Beispiele aus der seltsamen Welt der Quantenphysik

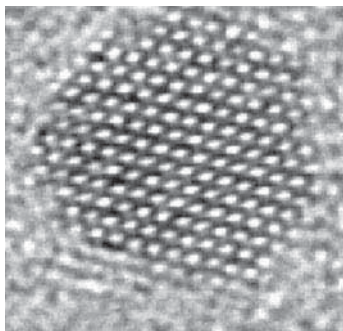
### Elektrische Leitungen im Nanokosmos

Ein Kohlenstoffnanoröhrchen ist ein Gitter aus Kohlenstoffatomen mit sechseckigen Maschen, das zu einer Röhre aufgerollt ist. Diese kleinen Röhrchen könnten die Elektronik revolutionieren: Denn je nach dem, wie das Kohlenstoffnanoröhrchen gewickelt ist, hat es die elektronischen Eigenschaften eines leitenden oder eines halbleitenden Materials. Fast alle elektronischen Bauelemente könnten zukünftig durch Nanoröhrchen ersetzt werden.



Je nach dem, wie die Kohlenstoffnanoröhrchen "gewickelt" sind, ändern sich ihre elektronischen Eigenschaften.

### Materialien mit neuen Eigenschaften



Aus kleinsten Nanopartikeln, mit einem Durchmesser von zehn bis einigen hundert Atomen, lassen sich neue Materialien herstellen, mit **maßgeschneiderten** mechanischen, elektrischen, optischen, magnetischen oder chemischen **Eigenschaften**.

Härtere Metalle, weichere oder hitzebeständigere Keramiken, leitfähige Kunststoffe, intelligente Werkstoffe, die bei Anlegen einer elektrischen Spannung Farbe oder Form verändern – eine Welt voller neuer Möglichkeiten.

Ein einzelnes Nanopartikel unterm Elektronenmikroskop.  
Abb.: Institut für Physikalische Chemie, Universität Hamburg



## Meilensteine der Nanotechnologie

29. Dezember 1959

**Richard Feynman** hält vor der Amerikanischen Physikalischen Gesellschaft eine visionäre Rede, in der er viele Facetten der Nanotechnologie vorhersagt. Titel: *There's Plenty of Room at the Bottom* (Es ist viel Platz da unten)



**„Ich sehe keine Prinzipien der Physik, die der Möglichkeit entgegenstehen, etwas Atom für Atom zu verändern.“**

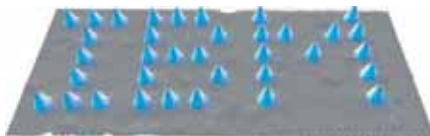
1968

Alfred Y. Cho und John Arthur von den Bell-Laboratorien entwickeln die **Molekularstrahlepitaxie**, eine Technik um einzelne Atomschichten abzuscheiden.

1974

Der Japaner Norio Taniguchi prägt das erste Mal den **Begriff Nanotechnologie** für Herstellungsmethoden mit Abweichungen kleiner als ein Mikrometer.

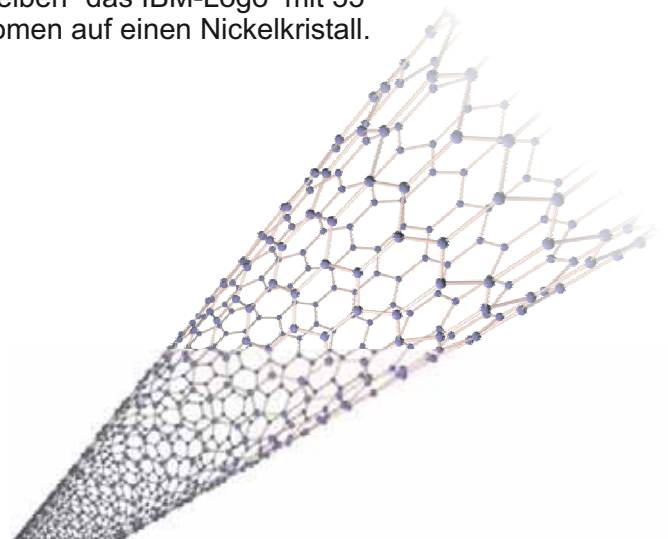
1990



Donald Eigler und Erhard Schweizer gelingt es, **einzelne Atome zu bewegen**. Sie „schreiben“ das IBM-Logo mit 35 Xenonatomen auf einen Nickelkristall.

1991

Der Japaner Sunio Iijima entdeckt die **Kohlenstoffnanoröhrchen**. Sie könnten sowohl für elektronische Bauelemente in molekularer Größenordnung als auch zur Herstellung besonders leichter und fester Nanomaterialien verwendet werden.





## Meilensteine der Nanoanalytik

**1931** Max Knoll und sein Student Ernst Ruska bauen das erste **Elektronenmikroskop** (Nobelpreis für Physik 1986). Allerdings gelingt es erst nach 1934 Geräte zu bauen, die leistungsfähiger sind, als Lichtmikroskope. Mit modernen Elektronenmikroskopen lassen sich Objekte sehen, die kleiner als ein Nanometer sind.

**1950** Wilhelm Müller entwickelt das **Feldelektronenmikroskop**, und bildet damit die Spitze einer Elektronen emittierenden Nadel ab. Das Auflösungsvermögen von ca. 2 nm reicht aus, um **einzelne Moleküle** zu sehen.

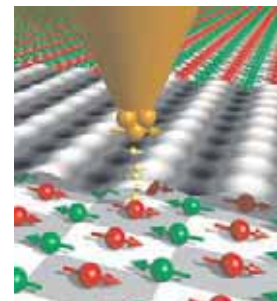
**1955** Erwin Müller macht mit einem **Feldionenmikroskop** das erste mal ein **einzelnes Atom** sichtbar – ein Uranatom.



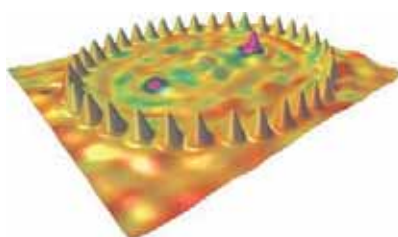
**1981** Gerd Binnig und Heinrich Rohrer bauen das **erste Rastertunnelmikroskop**. Mit diesem Gerät lassen sich **einzelne Atome einer elektrisch leitfähigen Oberfläche** abbilden. (Nobelpreis für Physik 1986)

**1986** Gerd Binnig, Calvin Quate und Christoph Gerber präsentieren das **erste Rasterkraftmikroskop**. Dieses Mikroskop ermöglicht auch die Abbildung elektrisch nicht leitfähiger Materialien zunächst auf wenige Nanometer genau, später auch mit atomarer Ortsauflösung.

**2000** An der Universität Hamburg gelingt der Forschergruppe um Roland Wiesendanger die **erste magnetische Abbildung atomarer Spinstrukturen**.



**2000**



Hari C. Manoharan, Christopher P. Lutz und Donald Eigler erzeugen in einem „atomaren Zaun“ das **Spiegelbild eines einzelnen Atoms**.

## Rastersondenmethoden ...

### Wer nicht sehen kann muss fühlen

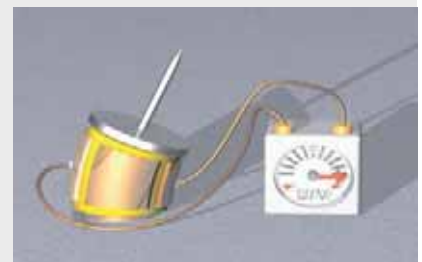
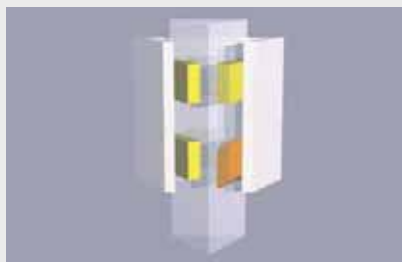
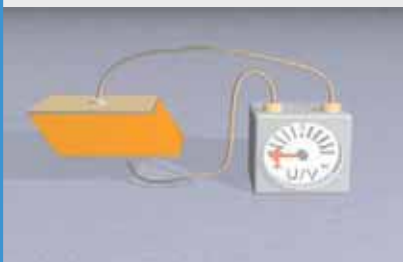
Wer nicht sehen kann, muss sich nicht unbedingt eine Brille zulegen, in einigen Fällen hat es Vorteile seine Umwelt zu ertasten. Genau das machen Rastersondenmikroskope: Sie ertasten ihre Umwelt mit feinsten und zum Teil hochspezialisierten Sonden. Dabei ist es nicht nur möglich Oberflächenstrukturen bis aufs Atom genau sichtbar zu machen, Rastersondenmikroskope fühlen auch Materialeigenschaften wie Magnetismus, elektrische Leitfähigkeit, Adhäsion (Klebrigkeit), Rauigkeit, Elastizität und einiges mehr. Außerdem können Rastersondenmikroskope unter den unterschiedlichsten Umgebungsbedingungen betrieben werden: Im Vakuum, in Luft oder diversen Gasen, in Flüssigkeiten, in Magnetfeldern, in elektrischen Feldern oder bei unterschiedlichen Temperaturen.

### Bewegung mit atomarer Präzision

Allen Rastersondenmikroskopen ist gemeinsam, dass sie eine Sonde - zum Teil auf den Bruchteil eines Atomdurchmessers genau - über einer Oberfläche positionieren können. Dieses kleine Wunder gelingt mit Motoren aus **Piezokristallen**, die sich bei Anlegen einer elektrischen Spannung kontrolliert verformen lassen. Dabei werden zwei Sorten solcher "Nanomotoren" unterschieden: Der **Walker** ist ein Saphirstab, der Schritt für Schritt von kleinen Piezobeinchen getragen wird. Der Walker ist für die Grobjustierung zuständig und kann sich nur in zwei Raumrichtungen bewegen. Die Feinjustage wird von einem röhrenförmigen Piezoelement übernommen. Dieser **Röhrenscanner** bewegt die Sonde des Mikroskops oder die Probe in alle sechs Raumrichtungen, und zwar auf Bruchteile von Atomdurchmessern genau.

### Nanomotoren: Computeranimationen

Funktionsweise eines Piezokristalls, eines Walkers und eines Röhrenscanners



**Kompetenzzentrum Nanoanalytik, Koordinationsstelle Hamburg**

Zentrum für Mikrostrukturforschung der Universität Hamburg, Jungiusstraße 11, 20355 Hamburg

Internet: <http://www.nanoanalytik-hamburg.de>

## ... Tastfinger im Nanokosmos

Die Rastersondenmikroskope lassen sich grob in zwei Familien aufteilen: **Rastertunnelmikroskope** und **Rasterkraftmikroskope**. Alle anderen Typen sind an die Grundprinzipien dieser beiden Verfahren angelehnt.

### Rastertunnelmikroskopie

**Rastertunnelmikroskope** messen einen schwachen Strom, der zwischen Sonde und Probenoberfläche fließt. Da sich Probe und Sonde nicht berühren, dürfte hier eigentlich kein Strom fließen. Aber im Nanokosmos gelten andere Gesetze. Nähern sich Sonde und Probe auf nur wenige Atomdurchmesser, dann fließt ein "Tunnelstrom", der dieser Mikroskopie auch seinen Namen gegeben hat. Aus diesem Tunnelstrom kann Punkt für Punkt ein Abbild der Oberfläche bzw. der elektronischen und magnetischen Eigenschaften der Probenoberfläche rekonstruiert werden.

Das Rastertunnelmikroskop eignet sich nur zur Untersuchung von elektrisch leitfähigen Proben

#### Schüler-SXM: Rastersondenmikroskop zum selber bauen - ein Bausatz

Mit diesem Bausatz können auch Schulklassen oder geübte Laien ein Rastertunnel- oder ein Rasterkraftmikroskop bauen. Dieser Bausatz wurde an der Koordinationsstelle Münster des Kompetenzzentrums Nanoanalytik entwickelt, in Zusammenarbeit mit der Fernsehredaktion der Sendung "Quarks&Co" (WDR).

##### Kompetenzzentrum Nanoanalytik, Koordinationsstelle Münster

Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Physikalisches Institut  
Wilhelm-Klemm-Str. 10, 48149 Münster

Internet: <http://sxm4.uni-muenster.de/introduction-de.html> und <http://www.quarks.de>



Exponat

#### Rastertunnelmikroskop

Rastersondenmikroskope sind nicht sehr groß. Was sie in Forschungslabors so mächtig erscheinen lässt, ist in der Regel nur "die Hülle" des Gerätes, die es zum Beispiel ermöglicht, bei sehr tiefen Temperaturen zu messen.

Dieses Mikroskop wurde im Rahmen einer Diplomarbeit gebaut und ist in der Lage, einzelne Atome sichtbar zu machen.

##### Universität Hamburg, Zentrum für Mikrostrukturforschung, Arbeitsgruppe Prof. Dr. R. Wiesendanger ("Rastersondenmethoden")

Jungiusstraße 11, 20355 Hamburg  
Internet: <http://www.nanoscience.de>



Exponat

## Rasterkraftmikroskopie

Die Funktionsweise von Rasterkraftmikroskopen (AFM vom englischen *Atomic Force Microscope*) ist mit dem Prinzip eines Schallplattenspielers vergleichbar: Eine sehr spitze Nadel am Ende eines Federbalkens wird auf einer Oberfläche positioniert. Je stärker die Sonde auf die Probenoberfläche drückt, desto mehr verbiegt sich der Federbalken. Diese Verbiegung wird sehr genau mit einem Laserstrahl gemessen und dient dazu, Punkt für Punkt die Oberflächenstruktur oder eine Materialeigenschaft der Probe zu bestimmen.

Neben verschiedenen Varianten dieser Mikroskopie, die sich durch besonders spezialisierte Sensoren auszeichnen (z.B. eine magnetische Sonde zur Detektion von Magnetfeldern), werden vor allem zwei Betriebsmodi voneinander unterschieden: Im "Statischen-" oder "Kontaktmodus" wird die Sonde tatsächlich unter Aufwendung einer bestimmten Kraft über eine Oberfläche gezogen. Diese Methode hat den Nachteil, dass sowohl die Probe als auch die feine Sonde beschädigt werden kann, wenn die Sonde über die Probe "kratzt". Noch genauere Ergebnisse erreicht man mit dem "Dynamischen-" oder auch "Berührungslosen Modus", in dem der Federbalken mit der Sonde in gleichmäßige Schwingungen versetzt wird. Gemessen wird in diesem Messmodus nicht die Auslenkung des Federbalkens, sondern seine Schwingungsfrequenz. Mit dieser Methode können auch einzelne Atome ertastet werden. Das ist schon ein kleines Wunder, denn vom Größenunterschied her gleicht der Versuch, ein einzelnes Atom mit einer feinen AFM-Sonde zu ertasten, dem Vorhaben, mit der Spitze des Matterhorns (4478 Meter) einen Tennisball zu fühlen.

Im Gegensatz zur Rastertunnelmikroskopie können mit dem Rasterkraftmikroskop nahezu alle festen Proben untersucht werden, auch solche, die nicht elektrisch leitend sind.

### Live-Messung mit einem Rasterkraftmikroskop

Das portable Rasterkraftmikroskop kann Strukturen erkennen, die nur wenige Nanometer groß sind. Es kann sowohl im statischen als auch im dynamischen Modus betrieben werden. Bei einer Demonstrationsmessung ist zu sehen, wie die Probe Zeile für Zeile abgetastet wird.

**Nanosurf AG, Instruments for Nanoscience**  
Grammetstrasse 14, CH-4410 Liestal, Schweiz  
Internet: <http://www.nanosurf.ch/>





## Einzelne Sonden eines Rasterkraftmikroskopes

Unter einem optischen Mikroskop kann der Besucher eine AFM-Sonde betrachten und bekommt so ein Gefühl für die feinen Strukturen dieser "Nano-Finger". Zu sehen ist allerdings nur der Federbalken. Die Sonde ist für das optische Mikroskop zu klein.

### NANOSENSORS

Rue Jaquet-Droz 1, CH-2007 Neuchatel, Schweiz

Internet: <http://www.nanosensors.de/>



Exponat

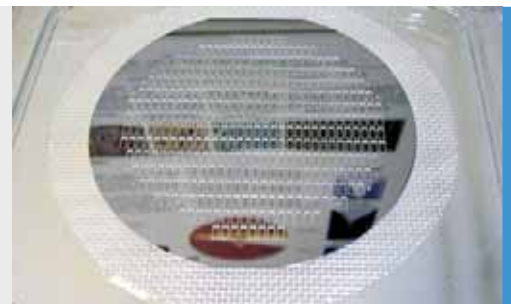
## Wafer aus Federbalken und Sonden für die Rasterkraftmikroskopie

Sonden für die Rasterkraftmikroskopie lassen sich auch in Serie anfertigen. Dies geschieht - ähnlich wie bei Computchips - auf sogenannten Wafern.

### NANOSENSORS

Rue Jaquet-Droz 1, CH-2007 Neuchatel, Schweiz

Internet: <http://www.nanosensors.de/>



Exponat

## Beispiele für verschiedene Rastersondenmikroskope

### Magnetkraftmikroskop

Bei diesem Rasterkraftmikroskop ist die Sonde magnetisch und wird daher von einer ebenfalls magnetischen Probe angezogen oder abgestossen.

### Rasterkapazitätsmikroskop

Dieses Rasterkraftmikroskop misst elektrostatische Kräfte zwischen Sonde und Probe. Es eignet sich besonders für den Einsatz in der Mikroelektronik.

### Spinpolarisiertes Rastertunnelmikroskop

Ein Rastertunnelmikroskop mit einer magnetischen Sonde für die Mikroskopie magnetischer Proben. Hier wird ausgenutzt, dass der Tunnelstrom von der relativen Magnetisierungsrichtung zwischen Sonde und Probe abhängt.



## Nanomagnetismus und digitale Daten

Computerfestplatten werden von Jahr zu Jahr kleiner und können dennoch von Jahr zu Jahr mehr Daten fassen. Das ist nur möglich, weil die magnetischen Datenbits immer kleiner werden. Die Strukturen in Computerfestplatten sind heute so klein, dass die Technologie in diesen Tagen die Grenze zur Nanotechnologie überschreitet.

### Microdrive

Die Microdrive von IBM (Baujahr 2001) speichert 340 MByte und ist kaum größer als eine 2-Euro-Münze. Um einen Eindruck von der rasanten Entwicklung der Miniaturisierung zu bekommen, sind hier auch Datenspeicher der letzten 20 Jahre ausgestellt, von der Größe eines Kühlschranks (10 MByte, Bj. 1980), einer Zigarrenschachtel (84 MByte, Bj. 1990) und im Westentaschenformat (1 GByte, Bj. 1996).

**IBM Speichersysteme GmbH,**  
Hechtsheimer Str. 2, 55131 Mainz  
Internet: <http://www-5.ibm.com/de/ibm/produkte/produktion.html>

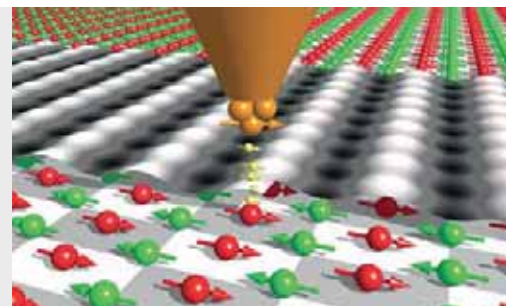


Heute wird der Microdrive von Hitachi vertrieben, mit einer Kapazität von 4 GByte.  
<http://www.hgst.com/hdd/micro/overvw.htm>

### Präsentationsfilm: Atomare Datenbits

Prof. Dr. Roland Wiesendanger und Dr. Matthias Bode erhielten 2003 den Philip-Morris-Forschungspreis für die Abbildung der magnetischen Eigenschaften (Elektronenspin) einzelner Atome. So lassen sich atomare Datenbits bereits *lesen*. Allerdings fehlt noch das Speichermedium zum "*Beschreiben*" einzelner Atome. Der Film wurde von der Philip-Morris-Stiftung produziert.

**Universität Hamburg, Zentrum für Mikrostrukturforschung,  
Arbeitsgruppe Prof. Dr. R. Wiesendanger**  
Jungiusstraße 11, 20355 Hamburg  
Internet: <http://www.nanoscience.de>

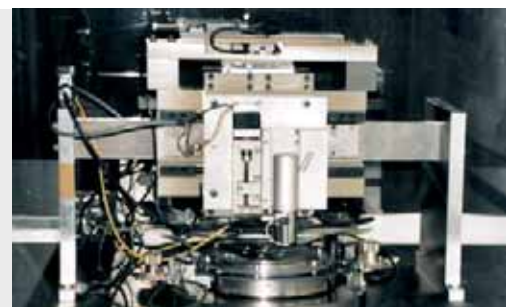


**Philip Morris Stiftung**  
Fallstraße 40, 81369 München  
Internet: <http://www.pmintl.de>

### Forschung am Datenträger von morgen

Nicht nur die Datenbits werden immer kleiner, auch die Schreib- und Leseköpfe müssen immer feiner und präziser werden. Eine Möglichkeit dafür ist, Lese- und Schreibköpfe wie die Sonde eines Rastersondenmikroskops zu konstruieren. In diesem Versuchsaufbau wird an einem Hochgeschwindigkeits-Nanospeichersystem geforscht.

**Universität Hamburg, Zentrum für Mikrostrukturforschung,  
Arbeitsgruppe Prof. Dr. R. Wiesendanger ("Rastersondenmethoden")**  
Jungiusstraße 11, 20355 Hamburg  
Internet: <http://www.nanoscience.de>



## Nanoelektronik

Das sogenannte "Moore'sche Gesetz" besagt, dass die Leistung von Computern sich ca. alle eineinhalb Jahre verdoppelt. Dies trifft sowohl für die Datenspeicher als auch für die Prozessoren zu. Die kleinsten Strukturen auf modernen Computerchips wie die Abmessungen der Transistoren oder die Dicke der elektrischen Leitungen, liegen heute bei 130 nm. Einige moderne elektronische Bauelemente bestehen heute schon aus Schichten, die nur wenige Nanometer dünn sind (siehe **Seite 11**).

## Spintronik

In der *Spintronik* werden elektronische Bauelemente entwickelt, die nicht nur die elektrische Ladung von Elektronen nutzen, sondern auch deren magnetische Eigenschaft, den Spin. Die Spintronik wird die Elektronik daher mit Bauelementen bereichern, die ganz neue bisher unbekannte Eigenschaften haben werden. Die Erforschung wie auch die Realisierung der Spintronik ist nur mit Nanotechnologie möglich.

## Nanomaterialien für die Elektronik

Auch mit der Entwicklung neuer Materialien trägt die Nanotechnologie zur Entwicklung neuer elektronischer Produkte bei. So wird an Nanomaterialien geforscht, um neue leistungsfähigere LED's (Licht emittierende Dioden) und Festkörperlaser zu bauen:

### Licht aus Nanoteilchen, "NanoLEDs"

In herkömmlichen LEDs werden unterschiedliche Farben durch unterschiedliche chemische Substanzen erzeugt. Die Farbe von Halbleiter-Nanoteilchen wird dagegen nicht von deren Chemie, sondern von ihrer Größe bestimmt. Das Prinzip ist hier an Kunststoffproben mit Nanoteilchen gezeigt, die im UV-Licht in unterschiedlichen Farben leuchten.



Universität Hamburg, Institut für Physikalische Chemie, Arbeitsgruppe Prof. Dr. H. Weller,  
Bundesstraße 45, 20146 Hamburg,  
Internet: <http://www.chemie.uni-hamburg.de/pc/Weller/>

Exponat

## Selbstorganisation

Aber die Visionen der Nanoelektronik gehen über eine bloße Verkleinerung der Strukturen weit hinaus: Winzige Transistoren und winzige elektrische Leiter könnten mit Biomolekülen markiert werden, so dass sie in einer Lösung nach dem Schlüssel-Schloss-Mechanismus selbst zueinander finden. Das Ergebnis: Von selbst wachsende elektrische Schaltkreise (Siehe Ausstellungsposter).

Das Prinzip der Selbstorganisation ist ein wichtiger Teil der Nanotechnologieforschung. Da die Strukturen des Nanokosmos so winzig klein sind und es aufwändiger Techniken bedarf, sie zu manipulieren, wäre es natürlich besser, sie setzten sich von selbst zusammen.



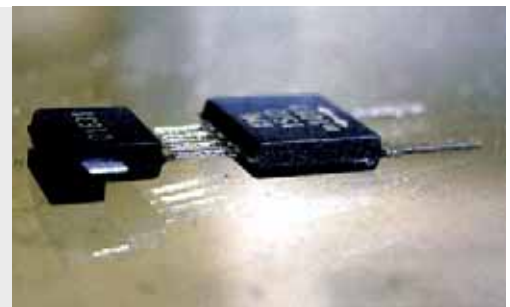
## Nanotechnologie und dünne Schichten

Sowohl in der Elektronik als auch bei optischen Anwendungen besteht die Kunst der Nanotechnologie oft darin, sehr dünne Schichten zu erzeugen. Die Herstellung von Schichten, die in einigen Fällen nur noch wenige Atome dick sind, gelingt heute mit einer fast unvorstellbaren Präzision. Beispiele dafür sind Leseköpfe von modernen Festplatten oder Winkelsensorsysteme für die Einspritzelektronik im Automobilbau (s.u.), die sehr dünne magnetische Schichten enthalten. Ein weiteres Beispiel in dieser Kategorie ist der Röntgenspiegel (s.u.).

### Autoelektronik: Winkelsensorsysteme für die Einspritzelektronik

Winkelsensorsysteme steuern die Einspritzelektronik und die Ventile und senken dadurch den Benzinverbrauch. In den Sensoren sind magnetische Schichten von wenigen Nanometern Dicke.

**Philips Semiconductors, Hamburg**  
 Stresemannallee 101, 22529 Hamburg  
 Internet: <http://www.philips.com>



### Armaturen mit entspiegeltem Contouran-Glas

Wenige Nanometer dünne Schichten vermindern die Reflektion von Licht. Solche entspiegelten Armaturen sind bereits in einige Serienmodelle der deutschen Automobilindustrie eingebaut.

**Schott Desag AG, Deutsche Spezialglas**  
 Hüttenstraße 1, 31073 Grünenplan  
 Internet: <http://www.schott.com/desag/german/>



### Röntgenspiegel

Der Röntgenspiegel basiert auf nur wenigen Nanometer dünnen Schichten. Diese Schichten bestehen in wechselnder Folge aus Wolfram und Silizium. Die Schichtdicken sind bis auf einzelne Atomdurchmesser genau definiert.

**GKSS-Forschungszentrum, Inst. für Werkstoffforschung, Abt. WTB**  
 Max-Planck-Strasse, 21502 Geesthacht  
<http://www.gkss.de>

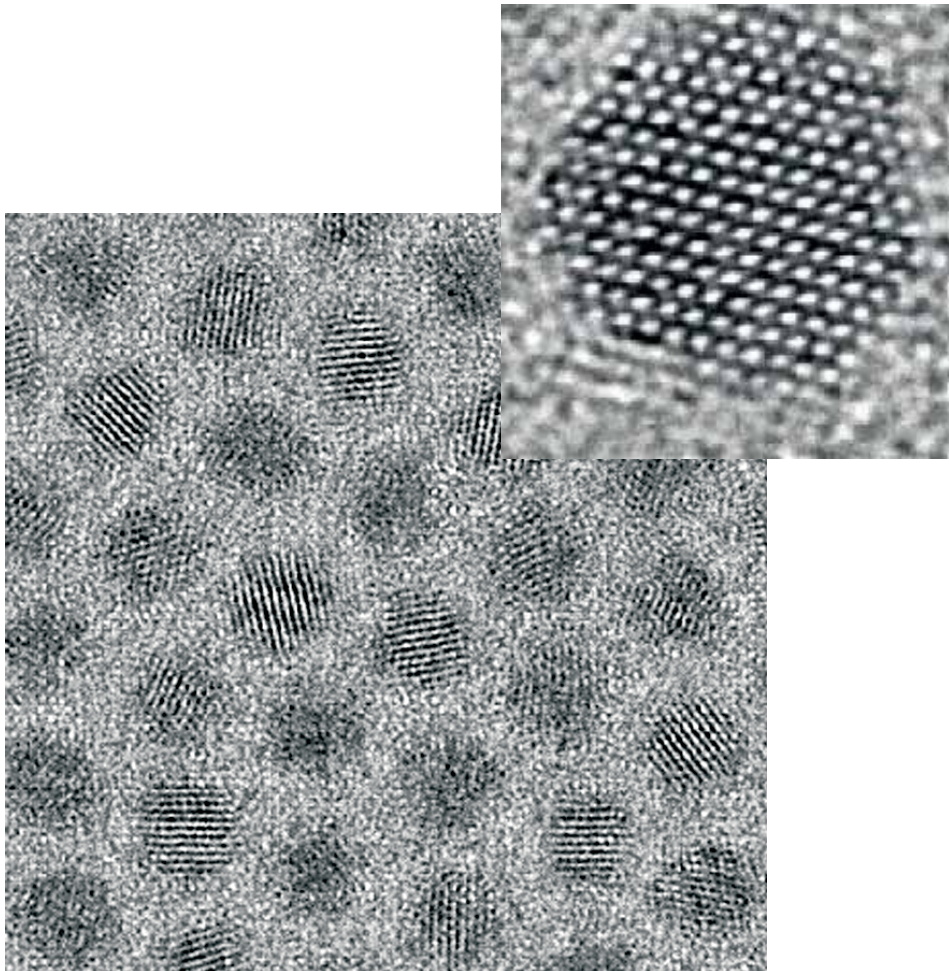


Exponat

Exponat

Exponat

# Nanopartikel und Nanomaterialien



*Nanopartikel unter dem Elektronenmikroskop.  
Abb.: Institut für Physikalische Chemie, Univers. Hamburg*

## Nanomaterialien - Werkstoffe aus Nanopartikeln

Atome oder Moleküle, die Teil einer Oberfläche sind, haben andere elektronische und chemische Eigenschaften, als ihre Counterparts im Materialinneren. Je kleiner ein Partikel ist, desto höher ist sein Anteil an Oberflächenatomen. Materialien aus Nanopartikeln können ganz andere mechanische, elektronische, chemische oder optische Eigenschaften haben als das Vollmaterial. In vielen Fällen lassen sich diese Materialeigenschaften sogar über die Wahl der Partikelgröße variieren.

### Nanopartikel - der Rohstoff

Nanopartikel ( $\text{TiO}_2$ ) in einem Glas. Wird das Glas geschüttelt, verhalten sich die Nanopartikel fast wie eine Flüssigkeit. Titandioxidpartikel eignen sich unter anderem zum Schutz vor UV-Strahlung, da sie UV-Licht absorbieren.



**ItN Nanovation GmbH**  
Am Felsbrunnen 7, 66119 Saarbrücken  
<http://www.itn-nanovation.com>

### Nanokeramik-Wendeschneidplatte

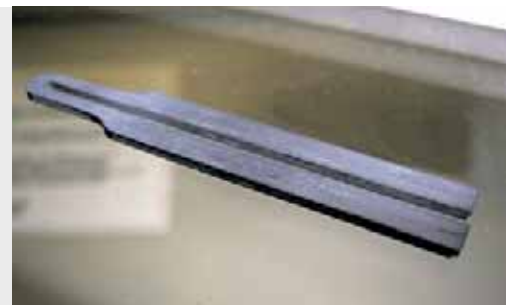
Mit höherer Härte und niedrigerer Reibung der Nanokeramik-Wendeschneidplatten aus Siliziumnitrid werden höhere Schneid- bzw. Zerspanungsleistungen erreicht als mit bisherigen Schnellarbeitsstählen oder Hartmetallen.



**IKTS Fraunhoferinstitut für Keramische Technologien und Sinterwerkstoffe**  
Winterbergstraße 28, 01277 Dresden  
Internet: <http://www.ikts.fhg.de>

### Glühzünder

Glühzünder aus Siliziumkarbid ( $\text{SiC}$ ) haben eine hohe Temperaturbeständigkeit und eine hohe Lebensdauer.



**INM - Institut für Neue Materialien**  
Im Stadtwald - Geb. 43, 66123 Saarbrücken  
Internet: <http://www.inm-gmbh.de/>

**Nanogate GmbH**  
Gewerbepark Eschberger Weg, 66121 Saarbrücken  
Internet: <http://www.nanogate.de>



## Mikrobauteile und Mikrostrukturen aus keramischer Spritzgusstechnik

Über eine Spritzgusstechnik mit nanoskaligem Ausgangspulver lassen sich in hoher Präzision Mikrobauteile (100 µm bis 10 mm) herstellen. Diese werden z.B. in Mikropumpengehäusen, Mikrodurchflussmessern, in Mikrogetrieben oder Mikrooptischen Bauteilen eingesetzt.

**INM - Institut für Neue Materialien,**  
Im Stadtwald - Geb. 43, 66123 Saarbrücken  
Internet: <http://www.inm-gmbh.de/>



Exponat

## Filtrationsmembrane

Filtrationsmembrane aus Aluminiumoxid (Porengröße 1 Nanometer) und aus Sinterkorund (Porengröße zwischen 15 und 50 Nanometer) werden für Trennzwecke in der Abwasserbehandlung, der Lebensmittelindustrie und in der Umwelttechnologie eingesetzt.

**IKTS Fraunhoferinstitut für Keramische Technologien und Sinterwerkstoffe**  
Winterbergstraße 28, 01277 Dresden  
Internet: <http://www.ikts.fhg.de>



Exponat

## Magnetische Flüssigkeit (Ferrofluid)

Magnetische Eisenoxid-Nanopartikel in einer Flüssigkeit. Was hier nur interessant aussieht und zum Experimentieren einlädt, findet im Alltag schon vielfach Verwendung: Als luftdichte und flexible Dichtung zwischen Welle und Lager, in Lautsprechern, in der Halbleiterfertigung, in der Materialtrennung und vieles mehr.

**IFAM - Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung**  
Wiener Straße 12, 28359 Bremen  
Internet: <http://www.ifam.fraunhofer.de>



Exponat

## Wasserstoffspeicher

Auch die Wasserstofftechnologie profitiert von der Nanotechnologie. Dieser Wasserstoffspeicher basiert auf nanokristallinen Metallhydriden. In dieser Form kann das Metallhydrid wesentlich mehr Wasserstoff speichern, als im Vollmaterial. Auch bei der Entwicklung von Brennstoffzellen wird heute schon Nanotechnologie eingesetzt.

**GKSS-Forschungszentrum, Inst. für Werkstoffforschung, Abt. WTB**  
Max-Planck-Strasse, 21502 Geesthacht  
Internet: <http://www.gkss.de/Themen/W/WTP/WTP-Startseite.html>



Exponat

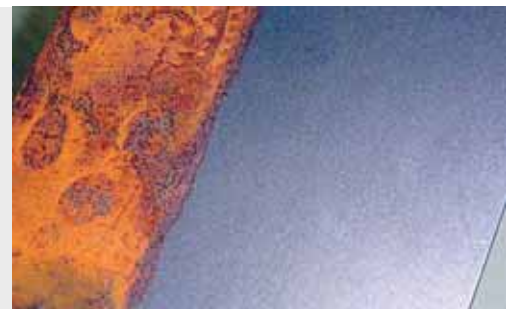
## Funktionelle Beschichtungen mit Nanopartikeln

Oberflächenbeschichtungen mit Nanopartikeln können die unterschiedlichsten Funktionen erfüllen: Korrosionsschutz, Abweisen von Bakterien oder von Wasser und Schmutz, Schutz vor UV-Strahlung, besondere chemische Eigenschaften und einiges mehr. In der Regel sind die Beschichtungen sogar unsichtbar, denn die Nanopartikel sind zu klein, um sichtbares Licht zu reflektieren. Für die gewünschte Eigenschaft der Oberfläche kann sowohl die Oberflächenchemie als auch die Strukturierung der Oberfläche im Nanometerbereich eine Rolle spielen.

### Korrosionsschutz, Nanocomp<sup>®</sup>

Eine feste und kompakte Beschichtung mit Nanopartikeln hält Wasser und Sauerstoff vom Metall fern. Daneben enthält das Beschichtungsmaterial auch sogenannte Inhibitoren, die die Oberfläche vor chemischer Zersetzung schützen. Neben der korrosionshemmenden Wirkung erhöht die Beschichtung auch die Kratzfestigkeit.

**ItN Nanovation GmbH**  
Am Felsbrunnen 7, 66119 Saarbrücken  
<http://www.itn-nanovation.com>



### Elektrisch leitfähige transparente Beschichtung mit Nanopartikeln

Diese Plexiglasscheibe ist mit einer Beschichtung versehen, die dünner als ein Tausendstel Millimeter ist. Diese elektrisch leitfähige Schicht besteht u.a. aus Nanopartikeln einer Größe von 5 bis 50 Nanometern. Anwendungen: Abschirmende oder antistatische Eigenschaften, Wärmeschutz (IR-Reflektion), beheizbare Fenster, elektronische Systeme (Elektroden, Displays, Leuchtmittel)

**INM - Institut für Neue Materialien**  
Im Stadtwald - Geb. 43, 66123 Saarbrücken  
Internet: <http://www.inm-gmbh.de>



### Fälschungsschutz

In diesem Fall wird nicht eine ganze Oberfläche beschichtet, sondern die Fläche wird mit Nanoteilchen beschrieben. Im Tageslicht und unter UV-B-Strahlung ist diese Beschriftung unsichtbar. Wird sie allerdings mit UV-C-Licht bestrahlt, leuchtet sie. Diese Nano-Tinte kann als unsichtbare Markierung zum Fälschungsschutz verwendet werden.

**Nanosolutions GmbH**  
Schnackenburgallee 149, D-22525 Hamburg  
Internet: <http://www.nano-solutions.de>



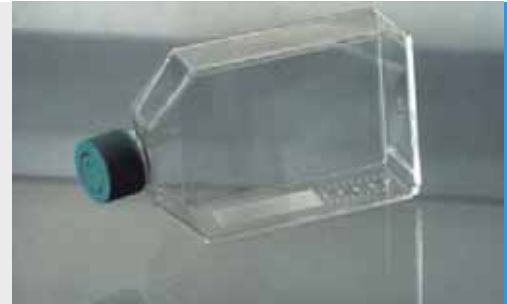
## Zellkulturflasche

Durch eine für den jeweiligen Anwendungszweck optimierte Beschichtung kann das Anwachsen von Zellen in dieser Zellkulturflasche verbessert oder reduziert werden.

### sarastro GmbH

Zum Schacht 7, 66287 Göttelborn

Internet: <http://www.sarastro-nanotec.com>



Exponat

## “Selbst reinigende” Solarzellen

Die Beschichtung aus Nanopartikeln bildet einen wasser-, fett- und schmutzabweisenden Schutzfilm. Dadurch wird Schmutz einfach vom Regenwasser weggespült. Da die Beschichtung völlig transparent ist, wird das Sonnenlicht nicht abgeschwächt.

### Nanogate Technologies GmbH

Gewerbepark, Eschbergerweg, 66121 Saarbrücken

Internet: <http://www.nanogate.de/>



Exponat

## Skiwachs

Nano® FPM Cerax Racing Polymer ist ein fluoriertes Polymer für das Tuning von Skibelägen. Die Besonderheit: Durch Selbstorganisation entstehen hauchdünne Fluorschichten, die durch Kombination mit einem Haftvermittler hervorragend an der Oberfläche der Polyethylen-Beläge haften. Die Beschichtung behält ihre optimalen Eigenschaften auch bei unterschiedlichen Temperaturen.

### Nanogate Technologies GmbH

Gewerbepark, Eschbergerweg, 66121 Saarbrücken

Internet: <http://www.nanogate.de/>



Exponat

## Nanotechnologie in der Medizin

In der Medizin gibt es für die Nanotechnologie ein breites Spektrum an Anwendungen, Forschungsprojekten und Visionen. Zu den bereits erfolgreichen Anwendungen zählen unter anderem Gegenstände für die Arztpraxis oder den Operationssaal mit antibakterieller Beschichtung oder Korrosionsschutz. Kurz vor der klinischen Erprobung befindet sich eine Hyperthermie-Behandlung mit magnetischen Nanopartikeln zur Krebsbekämpfung (s.u.).

### Eisenoxidsuspension - für Hyperthermiebehandlungen in der Krebstherapie

Die in der Suspension schwebenden Nanopartikel sind nur wenige Nanometer groß. Wegen ihrer besonderen Oberflächenchemie und der geringen Größe werden die Teilchen nur von Tumorzellen aufgenommen. Von einem äußeren Magnetfeld zum Schwingen gebracht, erwärmen die Teilchen den Tumor. Die Krebszellen werden dabei geschwächt oder abgetötet.

**INM - Institut für Neue Materialien**  
Im Stadtwald - Geb. 43, 66123 Saarbrücken  
Internet: <http://www.inm-gmbh.de/>

**Center of Biomedical Nanotechnology (CBN)**  
und Universitätsklinikum Charité  
Spandauer Damm 130, Bldg. 30/32, 14050 Berlin



### Gefäßprothesen

Bei dieser Endovaskularprothese bewirkt die Beschichtung mit Nanopartikeln einen Korrosionsschutz und eine Verbesserung des Einwachsverhaltens (Biokompatibilität).

**sarastro GmbH**  
Zum Schacht 7, 66287 Göttelborn  
Internet: <http://www.sarastro-nanotec.com>



### Uretersplint

Die Beschichtung dieses Uretersplints hat eine antimikrobielle Wirkung, verhindert eine Verkrustung und verbessert die Gleiteigenschaften des Materials.

**sarastro GmbH**  
Zum Schacht 7, 66287 Göttelborn  
Internet: <http://www.sarastro-nanotec.com>







## Urologischer Ballonkatheter

Die Beschichtung dieses Ballonkatheters hat eine antimikrobielle Wirkung, verhindert eine Verkrustung und verbessert die Gleiteigenschaften des Materials.

**sarastro GmbH**  
Zum Schacht 7, 66287 Göttelborn  
Internet: <http://www.sarastro-nanotec.com>



Exponat

## Verweilkatheter

Die Beschichtung dieses Katheters hat eine antimikrobielle Wirkung, verbessert die Gleiteigenschaften des Materials und ist antithrombogen.

**sarastro GmbH**  
Zum Schacht 7, 66287 Göttelborn  
Internet: <http://www.sarastro-nanotec.com>



Exponat

## Forschung und Visionen

Nanomaschinen oder -roboter, die in unseren Blutbahnen arbeiten, gehören sicher zu den entfernten Visionen von Nanotechnologie in der Medizin. Schon recht weit fortgeschritten ist allerdings die Forschung im Bereich "drug-targeting". Hier werden Nanopartikel als Medikamentenfähre benutzt. Mit Hilfe einer speziellen Beschichtung kann erreicht werden, dass Nanopartikel nur von einer bestimmten Zellsorte aufgenommen werden. Wird an ein so präpariertes Nanopartikel ein Medikament befestigt, dann können Medikamente zielgenau und selektiv ausschließlich zu den erkrankten Zellen transportiert werden. Mit Hilfe von Nanopartikeln scheint es sogar möglich, die sogenannte Blut-Hirnschranke zu überwinden, die zum Beispiel die pharmazeutische Behandlung eines Hirntumors bisher nahezu unmöglich macht. Ein erläuternder Filmbeitrag dazu ist in der Ausstellung zu sehen.

# Nanotechnologie in der Kosmetik

Produkte wie Sonnencremes und Deos werden in der Regel nicht mit Nanotechnologie assoziiert. Aber auch hier können Produkteigenschaften durch Teilchen oder Tröpfchen optimiert werden, die nur wenige Nanometer groß sind.

## Sonnenschutz mit Nanopartikeln

Nanopartikel aus Titandioxyd ( $\text{TiO}_2$ ) können zum Schutz vor UV-Strahlung eingesetzt werden. Sie verteilen sich besonders gut und gleichmäßig auf der Haut und absorbieren das UV-Licht. Außerdem ist Sonnencreme mit Titanoxid für manche Allergiker besser auf der Haut verträglich, weil es sich um einen anorganischen Wirkstoff handelt.

### Beiersdorf AG

Unnastraße 48, 20245 Hamburg  
Internet: <http://www.beiersdorf.de>



## Deodorant mit Nanotröpfchen

Die Wirkstoffe des Deodorants werden in Nanotröpfchen eingeschlossen. Das hat viele Vorteile: Die Tröpfchen sind unsichtbar, das Deo ist daher transparent, die Wirkstoffe können leicht in die Haut eindringen und sind auch für empfindliche Haut gut verträglich und das Deo benötigt weder Alkohol, noch Konservierungsstoffe oder andere organische flüchtige Zusatzstoffe.

### Beiersdorf AG

Unnastraße 48, 20245 Hamburg  
Internet: <http://www.beiersdorf.de>



## Hautpflege mit Nanoemulsionen

Die Kapsel hat einen Durchmesser von 100 nm bis 200 nm. Das Kapselmaterial ist ein Bestandteil der Zellmembranen aller lebenden Organismen. Es ist nicht nur „Verpackung“, sondern auch selbst ein Wirkstoff. Der Kern besteht aus einem Ölkörper mit einem öllöslichen Wirkstoff. Wirkstoffe sind vor allem empfindliche Vitamine und Provitamine.

### Kosmetik Konzept KOKO GmbH & Co.KG

Moltkestraße 25, 42799 Leichlingen  
Internet: <http://www.dr-lautenschlaeger.de> und <http://www.dermaviduals.de>



Exponat

Exponat

Exponat



## Nanotechnologie im Haushalt

Eine der häufigsten Anwendungen von Nanotechnologie im Haushalt sind Produkte mit einer schmutz- und wasserabstoßenden Oberfläche. Diese Anwendung der Nanotechnologie ist vor allem durch den sogenannten "Lotus-Effekt" bekannt geworden. Aber es gibt inzwischen viele verschiedene auf unterschiedliche Anwendungen optimierte Versionen von "easy-to-clean"-Oberflächenbeschichtungen. Die Anwendungen sind natürlich auch längst nicht auf den Haushalt beschränkt.

### Präsentationsfilm: Lotuseffekt®

Den Entdeckern des Lotuseffekts, Prof. Dr. Wilhelm Barthlott und Prof. Dr. Christoph Neinhuis, wurde 1999 der Philip-Morris-Preis verliehen. Die Philip-Morris-Stiftung ließ zu diesem Anlass einen kurzen Film produzieren, der den Lotuseffekt erklärt und Anwendungsmöglichkeiten aufzeigt.



**Botanisches Institut der Universität Bonn,**  
Meckenheimer Allee 170, 53115 Bonn  
Internet: <http://www.lotus-effekt.de>

**Philip Morris Stiftung**  
Fallstraße 40, 81369 München  
Internet: <http://www.pmintl.de>

Exponat

### WonderGliss®: Sauber-Zauber-Set

Eine flüssige Oberflächen-Versiegelung für Keramik, Fliesen und Glas. Wassertropfen perlen ab und schwemmen Schmutz und andere Partikel einfach weg. Kalk und Badezimmer-schmutz können sich nicht mehr halten. So bleibt die Keramik ohne großen Aufwand für lange Zeit glänzend und sauber.



**Nanogate Technologies GmbH**  
Gewerbepark, Eschbergerweg, 66121 Saarbrücken  
Internet: <http://www.nanogate.de>

Exponat

### Einbauherd und Küchenbleche

Durch eine Beschichtung mit Nanopartikeln lassen sich Speisereste an Blechen und Wänden dieses Herdes mit wenig Mühe entfernen. Die Beschichtung verhindert auch das Anhaften von Speisen während des Backens.



**Miele & Cie. GmbH & Co., Vertriebszentrum Hamburg,**  
Melkerstieg 20, 21217 Seevetal  
Internet: <http://www.miele.de>

Exponat

## Wasser- und schmutzabweisende Fliesen

Wasser und organische Flüssigkeiten perlen von diesen Fliesen einfach ab. Durch die Antihafteigenschaften ist auch Schmutz leicht zu entfernen. Diese "Easy-to-Clean-Beschichtung" basiert auf einer (chemischen) Herabsetzung der Oberflächenenergie und kann auf Metall, Glas, Keramik, Stein und Kunststoff eingesetzt werden.

### Nano-X GmbH

Theodor-Heuss-Str. 11a, 66130 Saarbrücken

Internet: <http://www.nano-x.de>



## Wasser- und schmutzabweisende Gläser

Wasser perlt von diesem Glas fast vollständig ab und Schmutz kann einfach durch (Regen-)Wasser abgewaschen werden. Hier erfolgt der "easy-to-clean"-Effekt neben der chemischen Herabsetzung der Oberflächenenergie zusätzlich durch eine Nanostrukturierung der Oberfläche.

### Nano-X GmbH

Theodor-Heuss-Str. 11a, 66130 Saarbrücken

Internet: <http://www.nano-x.de>



## Leicht zu reinigende Textilien

Auch Textilien lassen sich mit Hilfe chemischer Nanotechnologie gegen Wasser und Schmutz imprägnieren. Die Beschichtung ist nahezu transparent und nicht zu fühlen. Ruß, Kaffee oder Rotwein sollten für ein so imprägniertes Kleidungsstück kein Problem mehr sein.

### Nano-X GmbH

Theodor-Heuss-Str. 11a, 66130 Saarbrücken

Internet: <http://www.nano-x.de>



## Wasserhahn ohne Fingerabdrücke

Die matt verchromte Armaturen-Oberfläche ist mit einer unsichtbaren, schmutzabweisenden Schicht versehen. Die Oberflächenspannung wird dadurch auf ein Minimum reduziert, Schmutz und Kalk werden einfach abgestossen.

### Kludi GmbH & Co. KG

Am Vogelsang 31-33, 58706 Menden

Internet: <http://www.kludi.com>



## Nanozid<sup>®</sup> - antibakterielle Oberflächen

Die antibakterielle Beschichtung besteht aus Titandioxid-Nanopartikeln einer Größe von 8 bis 10 Nanometern, die mit einer dünnen Silberschicht überzogen sind. Durch die Beschichtung wird das Wachstum von Mikroorganismen empfindlich gestört. Die Beschichtung lässt sich in alle gängigen Lacksysteme einbauen und ist für Menschen unbedenklich.

**ItN Nanovation GmbH**

Am Felsbrunnen 7, 66119 Saarbrücken

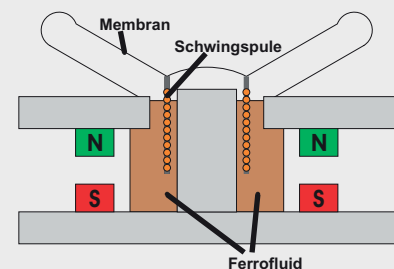
<http://www.itn-nanovation.com>



Exponat

## Anwendung von Ferrofluid: Lautsprecher

Ferrofluid (**Seite 14**) wird insbesondere in Hochtonsystemen im Luftspalt eingesetzt (siehe Abbildung). Durch diese Dämpfung wird der Lautsprecher mechanisch stärker belastbar und entstehende Wärme wird sehr effektiv an die magnetischen Polschuhe abgeführt.



**IFAM - Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung**

Wiener Straße 12, 28359 Bremen

Internet: <http://www.ifam.fraunhofer.de>

Exponat

## Nanotechnologie im Auto

Auch die Autoindustrie nutzt in zunehmenden Maße die Nanotechnologie. Die Anwendungsmöglichkeiten reichen vom Material der Reifen über den Autolack bis zur Autoelektronik (**Seite 11**) oder einem beschlagfreien Rückspiegel (s.u.). Nanotechnologie wird auch bei der Entwicklung von Abgas-Katalysatoren oder zur Herstellung von entspiegelten Armaturen (**Seite 11**) verwendet. Im Auto von morgen wird von den Reifen bis zum Dach die Nanotechnologie Einzug halten.

### Beschlagfreier Rückspiegel

Eine Beschichtung mit Nanopartikeln verhindert, dass der Rückspiegel beschlägt. Dieses Exponat ist nur zur Hälfte beschichtet. Der Besucher kann sich daher von der Wirkung dieser Beschichtung selbst überzeugen.



**ItN Nanovation GmbH**

Am Felsbrunnen 7, 66119 Saarbrücken

<http://www.itn-nanovation.com>

Exponat



## Ausstellerliste

### **Beiersdorf AG**

Unnastraße 48, 20245 Hamburg  
Internet: <http://www.beiersdorf.de>

### **Botanisches Institut und Botanischer Garten der Universität Bonn,**

Meckenheimer Allee 170, 53115 Bonn  
Internet: <http://www.lotus-effekt.de>

### **Center of Biomedical Nanotechnology (CBN)**

und Universitätsklinikum Charité  
Spandauer Damm 130, Bldg. 30/32, 14050 Berlin

### **GKSS-Forschungszentrum, Inst. für Werkstoffforschung, Abt. WTB**

Max-Planck-Strasse, 21502 Geesthacht  
Internet: <http://www.gkss.de>

### **IBM Speichersysteme GmbH, Mainz**

Hechtsheimer Str. 2, 55131 Mainz  
Internet: <http://www-5.ibm.com/de/ibm/produkte/produktion.html>

### **IFAM - Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung**

Wiener Straße 12, 28359 Bremen  
Internet: <http://www.ifam.fraunhofer.de>

### **IKTS Fraunhoferinstitut für Keramische Technologien und Sinterwerkstoffe**

Winterbergstraße 28, 01277 Dresden  
Internet: <http://www.ikts.fhg.de>

### **INM - Institut für Neue Materialien**

Im Stadtwald - Geb. 43, 66123 Saarbruecken  
Internet: <http://www.inm-gmbh.de/>

### **ItN Nanovation GmbH**

Am Felsbrunnen 7, 66119 Saarbrücken  
<http://www.itn-nanovation.com>

### **Kludi GmbH & Co. KG**

Am Vogelsang 31-33, 58706 Menden  
Internet: <http://www.kludi.com>

### **Kompetenzzentrum Nanoanalytik, Koordinationsstelle Hamburg,**

Zentrum für Mikrostrukturforschung der Universität Hamburg,  
Jungiusstraße 11, 20355 Hamburg  
Internet: <http://www.nanoanalytik-hamburg.de>

### **Kompetenzzentrum Nanoanalytik, Koordinationsstelle Münster**

Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Physikalisches Institut  
Wilhelm-Klemm-Str. 10, 48149 Münster  
Internet: <http://sxm4.uni-muenster.de/introduction-de.html>

**Kosmetik Konzept KOKO GmbH & Co.KG**

Moltkestraße 25, 42799 Leichlingen

Internet: <http://www.dr-lautenschlaeger.de> und <http://www.dermaviduals.de>

**Miele & Cie. GmbH & Co., Vertriebszentrum Hamburg,**

Melkerstieg 20, 21217 Seevetal

Internet: <http://www.miele.de>

**Nanogate Technologies GmbH**

Gewerbepark, Eschbergerweg, 66121 Saarbrücken

Internet: <http://www.nanogate.de>

**NANOSENSORS,**

Rue Jaquet-Droz 1, CH-2007 Neuchatel, Schweiz

Internet: <http://www.nanosensors.de/>

**Nanosolutions GmbH**

Schnackenburgallee 149, D-22525 Hamburg

Internet: <http://www.nano-solutions.de>

**Nanosurf AG, Instruments for Nanoscience,**

Grammetstrasse 14, CH-4410 Liestal, Schweiz

Internet: <http://www.nanosurf.ch/>

**Nano-X GmbH**

Theodor-Heuss-Str. 11a, 66130 Saarbrücken

Internet: <http://www.nano-x.de>

**Philip Morris Stiftung**

Fallstraße 40, 81369 München

Internet: [http://www.pmintl.de/pages/community/Science\\_award.asp](http://www.pmintl.de/pages/community/Science_award.asp)

**Philips Semiconductors, Hamburg**

Stresemannallee 101, 22529 Hamburg

Internet: <http://www.philips.com>

**sarastro GmbH**

Zum Schacht 7, 66287 Göttelborn

Internet: <http://www.sarastro-nanotec.com>

**Schott Desag AG, Deutsche Spezialglas**

Hüttenstraße 1, 31073 Grünenplan

Internet: <http://www.schott.com/desag/german/>

**Universität Hamburg, Institut für Physikalische Chemie,**

**Arbeitsgruppe Prof. Dr. H. Weller,**

Bundesstraße 45, 20146 Hamburg,

Internet: <http://www.chemie.uni-hamburg.de/pc/Weller/>

**Universität Hamburg, Zentrum für Mikrostrukturforschung,**

**Arbeitsgruppe Prof. Dr. R. Wiesendanger (“Rastersonormethoden”)**

Jungiusstraße 11, 20355 Hamburg

Internet: <http://www.nanoscience.de>



## Alle Exponate im Überblick

	Seite
Nanomotoren: Computeranimationen	5
Schüler-SXM: Rastersondenmikroskop zum selber bauen - ein Bausatz	6
Rastertunnelmikroskop	6
Live-Messung mit einem Rasterkraftmikroskop	7
Einzelne Sonden eines Rasterkraftmikroskopes	8
Wafer aus Federbalken und Sonden für die Rasterkraftmikroskopie	8
Microdrive	9
Präsentationsfilm: Atomare Datenbits	9
Forschung am Datenträger von morgen	9
Licht aus Nanoteilchen, "NanoLEDs"	10
Autoelektronik: Winkelsensorsysteme für die Einspritzelektronik	11
Armaturen mit entspiegeltem Contouran-Glas	11
Röntgenspiegel	11
Nanopartikel - der Rohstoff	13
Nanokeramik-Wendeschneidplatte	13
Glühzünder	13
Mikrobauteile und Mikrostrukturen aus keramischer Spritzgusstechnik	14
Filtrationsmembrane	14
Magnetische Flüssigkeit (Ferrofluid)	14
Wasserstoffspeicher	14
Korrosionsschutz, Nanocomp <sup>®</sup>	15
Elektrisch leitfähige transparente Beschichtung mit Nanopartikeln	15
Fälschungsschutz	15
Zellkulturflasche	16
"Selbst reinigende" Solarzellen	16
Skiwachs	16
Eisenoxidsuspension - für Hyperthermie-behandlungen in der Krebstherapie	17
Gefäßprothesen	17
Uretersplint	17
Urologischer Ballonkatheter	18
Verweilkatheter	18
Sonnenschutz mit Nanopartikeln	19
Deodorant mit Nanotröpfchen	19
Hautpflege mit Nanoemulsionen	19
Präsentationsfilm: Lotuseffekt <sup>®</sup>	20
WonderGliss <sup>®</sup> : Sauber-Zauber-Set	20
Einbauherd und Küchenbleche	20
Wasser- und schmutzabweisende Kacheln	21
Wasser- und schmutzabweisende Gläser	21
Leicht zu reinigende Textilien	21
Wasserhahn ohne Fingerabdrücke	21
Nanozid <sup>®</sup> - antibakterielle Oberflächen	22
Anwendung von Ferrofluid: Lautsprecher	22
Beschlagfreier Rückspiegel	22



## Impressum

Wenn Sie mehr Informationen wünschen,  
wenden Sie sich bitte an:

Kompetenzzentrum HanseNanoTec

Universität Hamburg  
Jungiusstraße 11  
20355 Hamburg

Leitung:

Prof. Dr. Roland Wiesendanger  
wiesendanger@physnet.uni-hamburg.de

Pressestelle:

Dipl.-Chem. Heiko Fuchs  
hfuchs@physnet.uni-hamburg.de  
Telefon/Telefax: 040/4 28 38-69 59

<http://www.hansenanotec.de>

**Konzeption und Gestaltung:**

Klaus Schoepe, Heiko Fuchs