

Nach Meinung vieler Experten könnte das 21. Jahrhundert zu einem neuen Industriezeitalter werden: dem der Technologien der allerkleinsten Dinge, der Nanotechnologien, deren Grundlage die Nanowissenschaft ist

Haben Sie « nano » gesagt?

Die Vorsilbe « Nano » kommt vom griechischen « nanos », « nanus » in Latein, und ist die Bezeichnung für einen kleinwüchsigen Menschen, einen Zwerg.

Die Wissenschaftler benutzen Nano seit Beginn des 20. Jahrhunderts, um ein Milliardstel einer Maßeinheit auszudrücken, zum Beispiel Nanosekunde (ns), Nanometer (nm), ...

Ein Nanometer (0,000 000 001 Meter) ist ungefähr:

500 000 mal

dünnere als der Strich eines Kugelschreibers



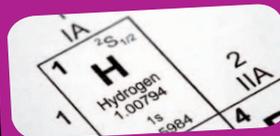
30 000 mal

dünnere als ein einzelnes Haar



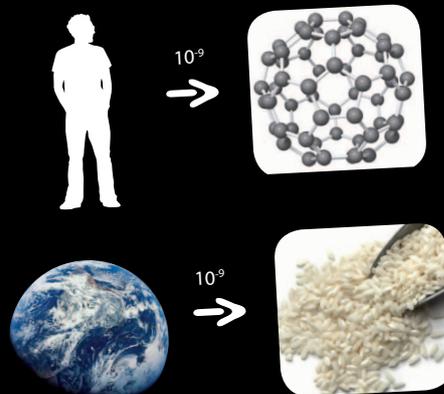
10

aneinander gereichte Wasserstoffatome.



Gemäß der Definition der British Royal Society versteht man unter « Nanowissenschaft » die Vorgänge und Bearbeitung von Materialien im atomaren, molekularen und makromolekularen Bereich, wobei die Eigenschaften dieser Materialien stark von denen abweichen, denen man im Bereich des alltäglich Größeren begegnet.

Als « Nanotechnologien » bezeichnet man die Konzeptionen, die Charaktereigenschaften, die Herstellung und Anwendung von Strukturen, Vorrichtungen und Systemen, deren Form und Größe nach Nanomaßstäben überprüft werden..



Nanotechnologien können auch Phantasien, Hoffnungen und Ängste wecken. Es ist Aufgabe der Verantwortlichen, darauf zu reagieren, über diese neuen Technologien zu informieren und zu Diskussionen anzuregen.

Dies ist das Ziel der Ausstellung
« Nanotechnologien – Mega-Herausforderung »

Wir wünschen Ihnen einen spannenden und interessanten Rundgang durch die Ausstellung!



Eine uralte Geschichte

Auch wenn es sich bei der Nanotechnologie um einen ganz neuen Bereich handelt, so fußen die Erkenntnisse doch auf früheren Arbeiten.

Schon in der Antike benutzten unsere Vorfahren Nanopartikel... ohne es zu wissen. Die Römer stellten Kunstwerke aus Glas her, die in der Ästhetik Erstaunliches zeigen.

Die Vase des Lycurgus (4. Jhdt. nach Christus) besitzt ganz spezielle optische Eigenschaften, welche durch die Präsenz von Gold- und Silber-Nanokristallen im Glas erzeugt werden.

Bei Tageslicht erscheint das Gefäß grünlich (externe Reflexion) und dreht ins Rötliche, wenn es von innen erleuchtet wird. Dieses Gefäß stellt den Tod des König Lycurgus dar und befindet sich im British Museum in London.



VASE DES LYCURGUS, BRITISH MUSEUM

Manche gallo-romanischen Scherben weisen eine rötliche Farbe auf, die durch Kupfer-Nanopartikel erzeugt wird.

In der Renaissance benutzten die Töpfer und Handwerker Nanopartikel aus Silber und Gold, um den hergestellten Keramiken und Glasprodukten mehr Glanz zu verleihen.

Ohne es zu wissen, haben die Glashersteller des Mittelalters bereits die Eigenschaften der Nanopartikel genutzt. Durch das Einsetzen von Goldpartikeln bei der Herstellung von Kirchenfenstern für gewisse Kathedralen (u.a. die von Bouge) wurden leuchtende Farben erreicht.



KIRCHENFENSTER

Im Jahre 1857 wurde durch Michael Faraday beschrieben, wie mit kleinen Metallteilchen die Farben der Kirchenfenster verändert werden können.

Nanopartikel bestehen in der Natur oder werden schon lange industriell hergestellt, z.B. im Stahl. Beim Hinzufügen von Nanopartikeln in einem Formteil handelt es sich um eine seit langer Zeit angewandte Technik, um die Eigenschaften des Materials zu verbessern (zum Beispiel: die Abrasionsfestigkeit).

Die Wissenschaft stellte jedoch erst in der 2. Hälfte des 20. Jahrhunderts fest, welchen großen Einfluss das Hinzufügen von Nanopartikeln im Herstellungsprozess auf die Eigenschaften der Stoffe hat.

Die Geburt der « Nanotechnologien »

1959

Richard Feynman, künftiger Physiknobelpreisträger, erwägt die Möglichkeit, Materie auf Ebene der Atome zu manipulieren. Das ist die **symbolische Geburtsstunde der Nanotechnologien**.

1974

Norio Taniguchi von der Universität für Wissenschaften in Tokyo **erfindet den Begriff Nanotechnologien**.

1981

Gerd Binnig und Heinrich Rohrer (IBM Zürich) entwickeln das **Rastertunnelmikroskop (STM)**. Das STM ermöglicht es, Atome zu „sehen“. Für diese Erfindung erhalten die Erfinder 1986 den Nobelpreis für Physik.

1985

Richard Smalley, Robert Curl und Harold Kroto entdecken die **Fullerene**, Moleküle aus 60 Kohlenstoffatomen, die in Form eines Fußballs angeordnet sind. Im Jahr 1996 erhalten sie für diese Entdeckung den Nobelpreis für Chemie.

1986

In seinem Buch «Engines of Creation» (noch nicht ins Deutsche übersetzt), entwirft Eric Drexler die **Theorie der Assembler**, ein von einer Software kontrolliertes System, mit dem Atome beliebig miteinander kombiniert werden können.

1987

D.J. Cram, J.M. Lehn et C.J. Petersen erhalten den Nobelpreis für Chemie für ihre bahnbrechenden Arbeiten im Bereich der **supramolekularen Chemie**, einer wesentlichen Disziplin der Nanotechnologien.

1990

Donald Eigler gelingt es, mit Hilfe eines STM die Initialen von IBM zu zeichnen. So beweist er, dass es möglich ist, die Materie Atom für Atom zu manipulieren.

1991

Sumio Iijima (Japan) entdeckt die **Kohlenstoffnanoröhren**.

1995

Christian Joachim und James Gimzewski gelingt die erste elektrische Verbindung auf einem Molekül.

1997

Herstellung der ersten Nanogitarre aus kristallinem Silizium. Die 6 Saiten sind so fein (10 µm Länge auf 50 nm Breite), dass der erzeugte Klang unhörbar ist.

1998

Das CEMES/CNRS in Toulouse und das IBM-Forschungszentrum in Zürich (James Gimzewski) entwickeln den ersten Molekularmotor. Das Molekül hat die Form eines Propellers und ist mit drei Propellerblättern ausgestattet, die sich um die Achse drehen können.

2001

September: Die Wallonische Region startet ein **Forschungsprogramm im Bereich der Nanotechnologien**, für das ein Budget von 12 Millionen € bereitgestellt wird.

2002

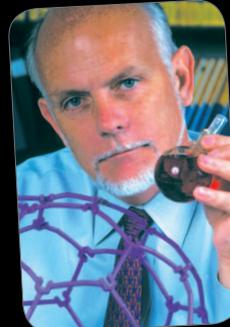
Gründung der **Gesellschaft Nanocyl** (Sambreville), die Kohlenstoffnanoröhren herstellt.

2002

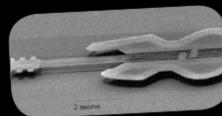
Im 6. Rahmenprogramm der EU (2002-2006) werden auf Initiative des europäischen Kommissars für Forschung, Philippe Busquin, **1,7 Milliarden €** für die Nanotechnologien und die Entwicklung neuer Werkstoffe bereitgestellt.



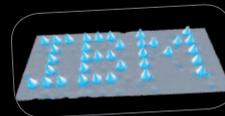
RICHARD FEYNMAN



RICHARD SMALLEY
TOMMY LAVERGNE/RICE UNIVERSITY'S
SMALLEY INSTITUTE



D. CARR AND H. CRAIGHEAD,
CORNELL UNIVERSITY.



IBM ZÜRICH RESEARCH
LABORATORY

2003

Der von der EU verliehene **Descartes-Preis** geht an das Projekt «Light emitting Diodes for Displays» der Forschergruppe um Professor Jean-Luc Brédas (UMH / Materia Nova).

2004

Der Preis «Bologne-Lemaire – Wallone des Jahres 2004» geht an Prof. Janos B. Nagy, Professor an der FUNDP und Gründer der Gesellschaft Nanocyl.

2005

Im Rahmen des von der EU finanzierten Programms Nanosafe 2 wird eine Datenbank für **toxikologische und umweltrelevante Fragen** im Zusammenhang mit Nanopartikeln entwickelt.

2005

Im Rahmen des von der Wallonischen Region finanzierten Projekts **Nanotoxico** werden in vitro Modelle rekonstituierter Gewebe entwickelt, die es erlauben, die potenzielle Toxizität von Nanopartikeln festzustellen, die für die Wallonische Region von wirtschaftlicher Bedeutung sind.

2007

Im Rahmen **des 7. Forschungsrahmenprogramms** (2007-2013) stellt die EU Mittel in Höhe von 7,5 Milliarden € für die Nanowissenschaften, die Nanotechnologien und Nanowerkstoffe bereit.

2010

Im September wird ein europäischer Kongress «Industrial Technologies 2010» stattfinden, der für Aufsehen sorgen wird. Er wird alle Akteure zusammenbringen, die in den Bereichen Nanowissenschaften und Nanotechnologien arbeiten: die Industrie, Forschungszentren, Universitäten sowie europäische und internationale Behörden. **Ziel ist die Erstellung einer Synthese des bisher erlangten Wissens.**



Reise durch die Nanowelt

Von der Makrowelt zur Nanowelt

Wenn die Größe der zu untersuchenden Objekte vom makroskopischen in den mikroskopischen Bereich gelangt (einige Mikrometer), werden viele aus dem Alltagsleben bekannte Effekte vernachlässigbar, während andere Effekte an Bedeutung rasch zunehmen.

Die Fliege klebt an der Decke

Während beispielsweise die Auswirkungen der Anziehungskraft der Erde bei den ungeläufigen Größenordnungen wichtig sind, werden sie vernachlässigbar, wenn man sich in Größenordnungen von unter einem Millimeter befindet.

In diesem Maßstab werden die von den Oberflächenspannungen herrührenden Kräfte (atomare Wechselwirkungen zwischen den Oberflächen) die mit Abstand bedeutendsten. Dies erklärt, dass Fliegen an Decken oder Fenstern haften können. Fliegen sind sehr



leicht und die Kontaktfläche zwischen ihren Beinhaaren und der Decke bewirkt, dass die Haftungskräfte größer sind als die Gewichtskraft der Fliege.

Wenn wir uns nicht mehr auf unser Gefühl verlassen können

Unsere klassischen Denkweisen, die sich auf unsere Erfahrungen aus der makroskopischen Welt stützen, müssen geändert werden. Unsere Erfahrungen und Denkweisen sind nicht mehr zuverlässig. Das Verständnis der Vorgänge, die in diesem Bereich stattfinden, verlangt den Einsatz numerischer Simulationen, muss also computergestützt sein.

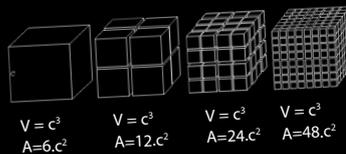
Besondere Eigenschaften der Nanopartikel

Nanopartikel besitzen chemische und physikalische Eigenschaften, die deutlich von denen der Festkörper oder der größeren Partikel abweichen.

Für ein gegebenes Volumen ist die Gesamtoberfläche der Körner eines Pulvers umso größer, je kleiner die Körner sind. Die chemische Industrie nutzt diesen Größeneffekt in Form von Nanopartikeln. Katalysatoren lassen chemische Reaktionen häufig an der Oberfläche ablaufen. Da Nanopartikel sehr klein sind, ist für ein gegebenes Volumen

die Oberfläche sehr groß. Somit können mehr chemische Prozesse stattfinden. Je mehr chemische Prozesse stattfinden, desto schneller verläuft die gesamte chemische Reaktion.

Gasmasken funktionieren beispielsweise nach diesem Prinzip: Giftige Gasmoleküle haften im Filter an der Oberfläche der Kohlenstoff-Nanopartikel.



In diesem Maßstab ist es nicht möglich, die physikalischen und chemischen Eigenschaften der Nanosysteme voneinander zu unterscheiden. Diese Eigenschaften hängen stark von der Art ab, wie diese Nanosysteme erzeugt, geordnet und genutzt werden. Physiker, Chemiker, Materialwissenschaftler, Ingenieure und Biologen sind gezwungen zusammenzuarbeiten, um die Eigenschaften dieser Nanosysteme zu verstehen und zu nutzen. Die Mitglieder der Forschungsteams, die sich mit den Nanowissenschaften und den Nanotechnologien befassen, müssen daher Fachleute aus den verschiedensten Bereichen sein.

Synthese der Nanopartikel (1)

Der «Pastis»-Effekt

Nanopartikel können über zahlreiche Verfahren erzeugt werden, von denen mehrere schon seit langem bekannt sind. Einige dieser Verfahren werden auch im Alltag genutzt, wenn es z.B. draußen warm ist. Freunde guter Aperitifs kennen folgendes Phänomen: Wenn man Wasser in ein Glas mit Pastis gibt, so verfärbt sich die anfangs klare Flüssigkeit milchig-weiß.

Dieses Phänomen ist einer Eigenschaft des Anethols zuzuschreiben. Es handelt sich um ein Molekül des Anisöls, das man aus dem Sternanis gewinnen kann. Es ist verantwortlich für den besonderen Pastis-Geschmack.

Dieses Molekül ist in Alkohol, aber nicht in Wasser löslich. Wenn man Wasser auf Pastis gibt, bildet das Anisöl Nanotröpfchen mit einem Durchmesser von ungefähr 300 nm. Die Tröpfchen schweben in der Flüssigkeit; man erhält so eine Suspension. Die weiße Farbe ist einem optischen Phänomen zu verdanken, das als Mie-Streuung bezeichnet wird. Dieses Phänomen gibt ebenfalls den Wolken ihre weiße Farbe.

Somit kann man durch Veränderung der Alkohol-/Wasser-Konzentration Nanopartikel erzeugen.

Dieser Effekt wird schon seit langem industriell zur Herstellung von Kolloiden oder anderen Nanopartikeln genutzt.



Wenn die Farbe von der Größe der Nanopartikel abhängt

Gewisse Materialien strahlen für den Menschen sichtbares Licht aus, wenn sie UV-Strahlen ausgesetzt sind. Dieses Phänomen nennt man Fluoreszenz. Cadmiumselenid (CdSe) ist solch eine fluoreszierende Substanz, die man in Form von Nanopartikeln antreffen kann.

Wenn man diese Nanopartikel aus CdSe UV-Strahlen aussetzt, geben sie sichtbares Licht ab, dessen Farbe von der Größe der Nanopartikel abhängt: Bei einer Größe von 2 nm bis 5 nm erhält man Farben von Blau bis Rot.



DER DURCHMESSER DER NANOPARTIKEL WIRD VON LINKS NACH RECHTS GRÖßER

Diesen Effekt kann man dazu nutzen, Nanopartikel einer bestimmten Größe zu lokalisieren. In der Medizin zum Beispiel befestigen sich Nanopartikel bevorzugt an gewissen Tumoren. Wenn man die erkrankten Stellen mit UV-Strahlen beleuchtet, können die Nanopartikel und somit auch die Tumore lokalisiert werden.



Synthese der Nanopartikel (2)

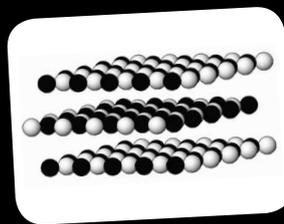
Die Fullere

Vor 1985 kannte man nur zwei Arten regelmäßiger Verbindungen von Kohlenstoffatomen: Graphit und Diamant.

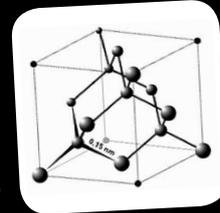
Im Jahre 1985 stellten Robert F. Curl, Harold W. Kroto und Richard E. Smalley fest, dass Teilchen, die 60 und 70 Atome umfassen, äußerst stabil sind.

Nach einigen Überlegungen gelangten sie zu der Schlussfolgerung, dass die Teilchen eine käfigartige Struktur besitzen, die man auch auf Fußbällen findet. Es ist auch die Struktur der «geodätischen Kuppel», die vom Architekten R. Buckminster Fuller für die internationale Ausstellung von Montreal im Jahre 1967 geplant wurde.

Die Forscher haben diese Strukturen «C60 Buckminster-Fullerene» genannt. Dieser Name war in den Augen der anderen Forscher viel zu lang und sie werden nun Fullerene genannt.



GRAPHITSTRUKTUR



DIAMANTSTRUKTUR

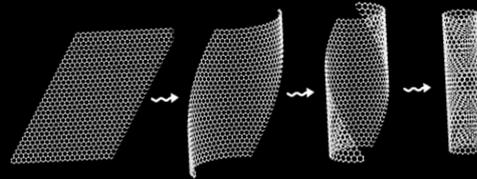


DIE STRUKTUR DES C60 UND DIE EINES FUSSBALLS

Die Kohlenstoff-Nanoröhrchen

Entdeckt im Jahre 1991 von dem Japaner Sumio Iijima werden die Kohlenstoff-Nanoröhrchen anhand ihrer bemerkenswerten Eigenschaften oft als «Material der Zukunft» bezeichnet.

Die Kohlenstoff-Nanoröhrchen können als Graphitblätter (Graphitebenen) angesehen werden, die um sich selbst aufgerollt und an den zwei Enden geschlossen wurden. Ihr Durchmesser variiert von 1 bis einigen nm.



Die Kohlenstoff-Nanoröhrchen erlauben es, Transistoren auf einem bis heute nie erreichten Miniaturisierungsniveau zu verwirklichen. Die Kohlenstoff-Nanoröhrchen sind bei niedriger Temperatur supraleitfähig, was die Transistorverwirklichung als Bestandteil der Basis der Elektronik erlaubt.

Der mechanische Widerstand der Kohlenstoff-Nanoröhrchen

ist ungefähr 200 Mal höher als der von Stahl bei einem sechsmal geringeren Gewicht.

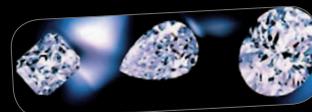
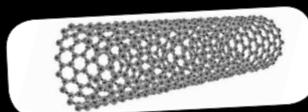
Eingeschlossen in Textilien, verstärken sie diese und geben ihnen unvergleichbare Anti-Schock-Eigenschaften. Einige Nanoröhrchen sind härter als der Diamant, eine interessante Eigenschaft für die Industrie.

Die Nanoröhrchen sind hohle

Strukturen, die man mit anderen Materialien füllen kann, um geschlossene Gefäße im Nanometermaßstab zu erhalten. Man kann in ihnen auch Wasserstoff lagern, was aus ihnen gute Materialien für die Behälter der künftigen Kraftfahrzeuge mit Wasserstoffantrieb machen könnte.



KNOTEN IN NANORÖHRENFASERN



Nanocyl, ein blühendes Unternehmen im Herzen Walloniens

Nanocyl ist weltweit eines der ersten Unternehmen, das im Bereich der Nanotechnologien tätig ist. Es stellt Kohlenstoffnanoröhren in unterschiedlichen Formen her: Pulver, Pastillen, Filme, Flüssigdispersionen. Heute ist Nanocyl ein Schlüsselunternehmen in seinem Bereich.

Nanocyl – Einige Zahlen

Ende der neunziger Jahre

Die Universitäten von Lüttich und Namür führen erste Forschungen durch.

2002

Gründung von Nanocyl als Universitäts-Spin-Off und fortlaufende Erweiterung seines Portfolios von geistigen Eigentumsrechten im Bereich der Technologie der Kohlenstoffnanoröhren.

2003

Entwicklung eines Netzes internationaler Partner: 3 Personen - 1000 € ermöglichen den Kauf von 3 Gramm Nanoröhren. Produktionskapazität: 10 kg in 3 Monaten.

2005

Neuer Versuchsreaktor: 15 Personen - 1000 € ermöglichen den Kauf von 1 kg Nanoröhren. Produktionskapazität: 10 kg in 3 Tagen.

2009

Eröffnung einer neuen Produktionseinheit: 46 Personen - 1000 € ermöglichen den Kauf von 20 kg Nanoröhren.. Produktionskapazität: 10 kg in 3 Stunden.



DAS UNTERNEHMEN NANOCYL IN SAMBREVILLE

Nanocyl – Internationale Präsenz

Büros in Belgien, den USA, Südkorea, Japan

Aktive Rolle in einer großen Zahl europäischer Projekte im Bereich Nanotechnologie und Zusammenarbeit mit zahlreichen Universitäten überall auf der Welt.

Diverse Projekte: Nanofire, Nanohybrid, Carbonchip, Inteltext, Ambio ...



DAS NANOCYL NC 7000 IST DAS AUSHÄNGESCHILD VON NANOCYL. ES HANDELT SICH DABEI UM MEHRWANDIGE NANORÖHRCHEN

Nanocyl – Ein verantwortungsbewusstes Unternehmen

Nanocyl verpflichtet sich, verantwortlich zu handeln in Bezug auf Sicherheit, Gesundheit und Umwelt. Das Unternehmen setzt sich als Priorität, nur sichere Produkte zu entwickeln und zu vertreiben. Es arbeitet mit mehreren europäischen Forschungszentren und Projekten zusammen, um die Auswirkungen auf Gesundheit und Umwelt zu testen (Nanosafe, Nanotoxic ...).

Heute zählt Nanocyl zu den weltweit fünf größten Erzeugern neben Giganten wie Bayer und Arkema.

Nanocyl hat den Ehrgeiz, in den kommenden Jahren Weltmarktführer im Bereich der Herstellung von Kohlenstoffnanoröhren zu werden.



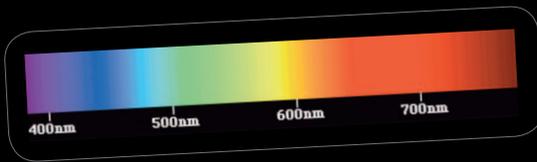
DIE NANOCYL-PRODUKTE FINDEN SICH IN SPORTARTIKELN UND ELEKTRONISCHEN PRODUKTEN WIEDER



Atome « sehen » (1)

Die Nanowissenschaften haben als Ziel, die Materie im Nanometer-Maßstab zu studieren. Als Voraussetzung dazu müssen Atome „sichtbar“ gemacht werden.

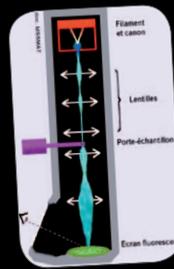
Das sichtbare Licht ermöglicht nicht, Atome zu « sehen »



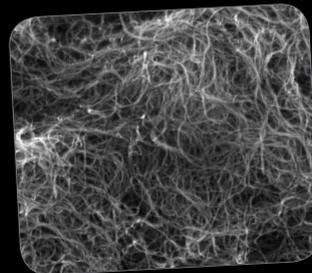
Das uns umgebende Licht setzt sich aus elektromagnetischen Wellen zusammen. Diese besitzen unterschiedliche Wellenlängen (λ), die für das sichtbare Licht zwischen 400 nm (violett) und 800 nm (rot) variieren. Da wir mit Hilfe des Lichtmikroskops bestenfalls zwei Punkte mit einem Abstand von $\lambda/2$ unterscheiden können, ist es uns nicht möglich, mit Hilfe des sichtbaren Lichts (z.B. Mikroskop) Atome zu sehen.

Das Elektronenmikroskop

Um Atome sichtbar zu machen, brauchen wir eine Strahlung, deren Wellenlänge (λ) in der Größenordnung der Atome liegt, das heißt bei 0,1 nm. Dies ermöglichen uns die Elektronen. Seit den Arbeiten von Louis De Broglie weiß man, dass Elektronen sich einerseits wie Teilchen verhalten, andererseits aber auch Welleneigenschaften besitzen (Welle-Teilchen-Dualismus). Das Elektronenmikroskop, das Ernst Ruska und Max Knoll im Jahre 1931 erfunden haben, ermöglicht uns, Materie in der Größenordnung von Atomen zu « sehen ».



FUNKTIONSWEISE DES ELEKTRONENMIKROSKOPES



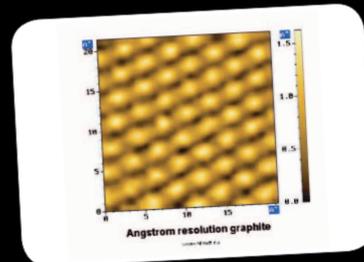
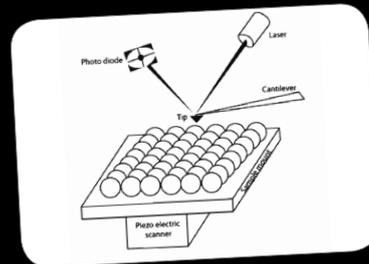
KOHLNSTOFF-NANORÖHRCHEN

Das Rasterkraftmikroskop

Das Rasterkraftmikroskop (auch Atomic Force Microscope oder AFM) besitzt eine Messspitze, die sich auf einem biegsamen Hebelarm befindet. Diese Messsonde wird in geringem Abstand über die Probenoberfläche geführt. Die Verbiegungen des Hebelarms, hervorgerufen durch Kräfte zwischen Probe und Spitze, werden hochaufgelöst gemessen, indem ein Laserstrahl auf die Spitze gerichtet und der reflektierte Strahl mit einem Photodetektor aufgefangen wird. Die Informationen werden mit Hilfe eines Computers ausgewertet.

Streng genommen sehen wir die Atome nicht. Wir können nur ihre Position durch Berechnungen rekonstruieren, die auf Messungen der Größe eines Signals (reflektierter Laserstrahl) basieren.

Andere Mikroskope mit ähnlicher Funktionsweise nutzen andere Wechselwirkungen (elektrische oder magnetische) zwischen Messspitze und Probe. Diese Mikroskope werden Rastersondenmikroskope genannt.

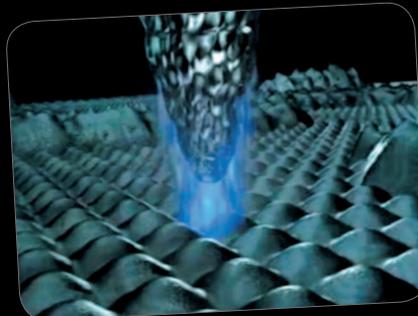


Atome « sehen » (2)

Der Tunneleffekt

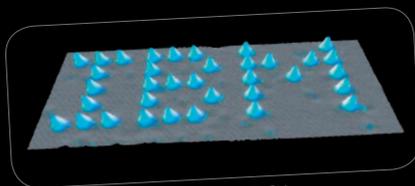
Der Tunneleffekt ist eine der überraschendsten Vorhersagen der Quantenmechanik. Stellen wir uns vor, ein Ball wird gegen eine hohe Mauer geworfen.

In der klassischen Mechanik kann der Ball die Mauer nicht durchdringen. In der Quantenmechanik ist die Wahrscheinlichkeit, dass der Ball die Mauer durchdringt, jedoch nicht gleich null. Das ist der Tunneleffekt. Danach ist es möglich, dass ein Teilchen eine Barriere (Wand) überwinden kann, obwohl es eigentlich dazu nicht ausreichend Energie besitzt. Anschaulich gesprochen: «Ein Teilchen leiht sich für kurze Zeit Energie, hüpft damit über die Wand und gibt danach diese Energie wieder zurück.»

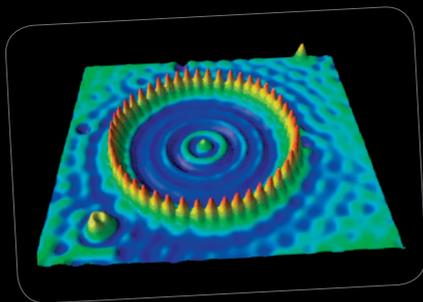


TUNNELEFFEKT AN DER SPITZE EINES RASTERTUNNELMIKROSKOPES

Mit Atomen schreiben



IBM ZÜRICH RESEARCH LABORATORY



Das Rastertunnelmikroskop ermöglicht es, mit Atomen zu schreiben. Um dies zu erreichen, führt man die Spitze näher an die Oberfläche heran und stellt eine «starke» elektrische Spannung zwischen Spitze und Oberfläche her. Ein Atom der Oberfläche wird von der Spitze angezogen und bleibt dort haften. Die Spitze mit dem Atom wird dann von der Oberfläche entfernt und zu der Stelle hin versetzt, auf die man schreiben will. Dort wird die Spitze an die Oberfläche herangeführt, die Potenzialdifferenz ist aufgehoben. Das Atom löst sich von der Spitze und wird auf der Oberfläche deponiert. Diese Prozedur wird dann viele Male wiederholt.

Die einen glauben, dank dieser Technik Atome in komplexeren Molekülen manipulieren zu können, um so Moleküle auf Anfrage fabrizieren zu können. Der Traum (oder Albtraum) anderer besteht darin, das Erbgut (u. a. die DNA) manipulieren zu können, um lebende Wesen mit vorherbestimmten Eigenschaften zu schaffen.



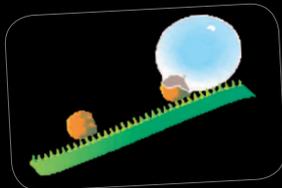
Selbstreinigende Materialien

Der «Lotus»-Effekt

In Millionen Jahren hat die Natur Oberflächen entwickelt, auf denen kein Schmutzpartikel Halt findet. Die Blätter verschiedener Pflanzen, wie z.B. der Lotus-Blüte (Nelumbo-Nucifera), sind immer sauber. Dieser erstrebenswerte Zustand wird durch die Tatsache erreicht, dass die Oberfläche mit Wachs-Nano-Kristallen in Form von kleinen Säulen überzogen ist. Diese Struktur reduziert die Kontaktfläche zwischen Staubkorn und Blatt auf ein Minimum. Die Haftung der Teilchen ist minimal, da sie nur auf den Spitzen der einzelnen Säulen ruht, ähnlich wie ein Fakir auf einem Nagelbrett.



LOTUSBLÜTE



Bei Regen haben die Blätter eine wasserabweisende Wirkung. Die Wassertropfen rollen auf den Säulenköpfen und nehmen dabei verschmutzende Teilchen mit. Das Blatt wird somit vollständig gereinigt. Dieser Mechanismus wurde durch Wilhelm Barthlott der Universität Bonn im Jahr 1990 entdeckt und nennt sich «Lotus-Effekt».

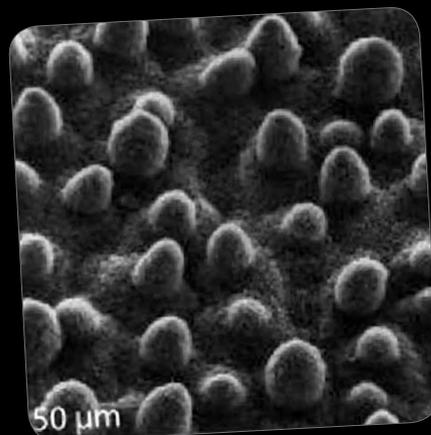
Die ersten Anwendungen dieses Lotus-Effekts wurden in Farbe realisiert. Seit 1999 werden diese Farben zur Verschönerung von Gebäude-Fassaden eingesetzt.

Es ist ebenfalls möglich, Glas- oder Keramikoberflächen speziell zu strukturieren. Die Wassertropfen gleiten auf den Windschutzscheiben ab und halten sie sauber. Scheibenwischer werden somit überflüssig.

Hydrophobe Oberflächen entstehen durch Aufbringen einer Art Teppich aus Kohlenstoff-Nano-Röhrchen. Die Flüssigkeit schwebt auf den Enden dieser Nano-Röhrchen und es entsteht kaum Nässe. Dieser Schwebefeffekt macht ein Abfließen der Flüssigkeit in den Mikroröhrchen möglich. Es gibt vielfältige Anwendungen, u.a. bei der Mikroanalyse von chemischen Produkten, die nur in ganz geringen Mengen bestehen.

Manche einfach zu waschenden Produkte fußen auch auf dem Lotus-Prinzip. Sie benutzen den Effekt des «Nicht-nass-Werdens», so wie wir ihn vom Kontakt zwischen Wasser und Fett kennen.

Manche Firmen nutzen diesen Effekt kommerziell aus und vertreiben zum Beispiel: nicht beschlagendes Glas, wasserdicht machende Sprays für Regenkleidung, Schutzschichten zur Vermeidung von Graffiti, usw.



STRUKTUR DER OBERFLÄCHE EINER LOTUSBLÜTE



Die Herstellung von Nano-Objekten

Die Herstellung von Nano-Objekten ist an sich nichts Neues. Seit langer Zeit bilden Wissenschaftler und Ingenieure Moleküle nach, stellen Kristalle her und studieren die biologischen Systeme.

Neu sind die Fortschritte, die im Bereich der Nanowissenschaft und der Nanotechnologie erzielt werden, denn Wissenschaftler versuchen, die Konstruktionen von Materie und Atomen zu verstehen und nachzubilden.

Die Nachbildung der Nanostrukturen ist eine große Herausforderung, denn es ist schwierig, Atome mit nanometrischer Präzision zusammenzufügen.

Die Konstruktionen der Natur nachbilden

In der Natur findet man zahlreiche Beispiele selbstorganisierter Zellstrukturen, von den Multi-Facetten-Augen der Fliege bis hin zur Oberfläche der Lotusblätter.

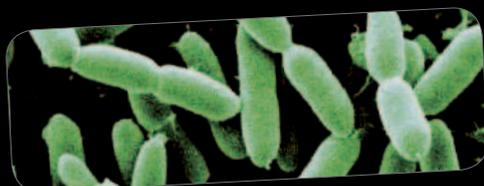


Die Selbstorganisation

Es ist mühsam, Strukturen identisch nachzubilden, denn dieser Prozess erfordert Zeit und Präzision. Sinnvoller wäre es, wenn wir Prozesse entwickeln könnten, die die Selbstorganisation der Strukturen fördern. Diese Prozessentwicklung ist das Studienobjekt in einem Teilgebiet der Chemie: der supramolekularen Chemie. Supramolekulare Strukturen entstehen aus der Interaktion von Molekülen, die sich nicht nebeneinander befinden. Diese supramolekularen Strukturen organisieren sich ganz von alleine (man spricht hier von «Selbstorganisation»), also ohne äußere Einwirkung.

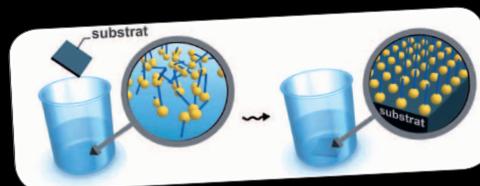
Die Entwicklung und die Zusammensetzung der molekularen Komponente, die sich selbst organisieren sollen, erfordert Kompetenz und Kreativität seitens der Wissenschaftler.

Die „effizientesten« durch Selbstorganisation geschaffenen Nanosysteme finden sich in der Natur: Bakterien, Zellen und lebende Organismen. Einige Beispiele: die Proteinfaltung, die Interaktionen zwischen DNA und den Histonen, die eine wichtige Rolle bei Genen spielen.



BAKTERIEN

Es sind unterschiedliche Kräfte, die die Systeme dazu bringen, sich zu organisieren. Theoretische und physikalische Chemie sind notwendig, um die entsprechenden Eigenschaften zu verstehen, insbesondere ihre Vielfalt im Hinblick auf die Wesensart, die Distanz und die Ausrichtung der Gruppen, die untereinander agieren. Da diese Kräfte im allgemeinen deutlich schwächer sind als die bei molekularen Verbindungen zwischen benachbarten Atomen, können sich die intermolekularen Bausteine je nach Wesensart, Anzahl und Ausrichtung schneller oder weniger schnell organisieren oder desorganisieren. Die Herstellung von supramolekularen Nanostrukturen erfordert eine umfassende Kenntnis der Art und Weise, wie sie sich organisieren und insbesondere ihrer geometrischen Anordnung. Die Herstellung einer vorgegebenen Struktur unterliegt der Feinstkontrolle der Interaktionen, die zur Verbindung ihrer Komponenten herangezogen werden. Eine solche Verbindung definiert sich durch ihre Stabilität und ihre Selektivität, also durch die Mengen an Energie und Information, die hier zum Tragen kommen



Nano-gedoptes Glas...

ist superisolierend

Im Baugewerbe kann man auf Glas nicht verzichten. Dessen thermische Eigenschaften sind allerdings nicht so gut, verglichen mit denen einer isolierten Mauer. Fenster, auf denen eine nanometerdicke Schicht deponiert wird, die im Bereich des sichtbaren Lichts durchsichtig ist, im Infrarotbereich jedoch stark reflektiert, haben thermische Eigenschaften, die mit denen von Hohlmauern vergleichbar sind.

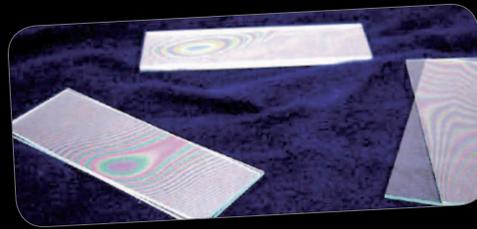
Das Prinzip basiert auf einem optischen Phänomen, das seit langem bekannt ist: dem Interferenzphänomen. Wenn die Dicke der Schicht entsprechend gewählt ist, ist die reflektierte Lichtintensität gleich Null: alles Licht dringt durch. Wenn eine andere Dicke gewählt wird, erhöht

sich hingegen die Reflexionskraft.

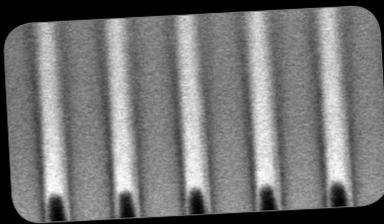
Wenn die Schicht das sichtbare Licht einlässt, die Infrarotstrahlung jedoch reflektiert, bleibt die Wärme im Gebäudeinnern. In diesem Fall ist das Glas ein guter Wärmeisolator.

Würde man alle bestehenden Fenster durch isolierendes Glas ersetzen, würde der CO₂-Ausstoß in Europa sich um 3% verringern.

Das Forschungszentrum Materia Nova in Mons nimmt Untersuchungen an isolierendem Glas vor, in Zusammenarbeit mit dem Unternehmen Glaverbel. Auf Windschutzscheiben angebracht, erhöht dieses Glas den Fahrkomfort und bewirkt gleichzeitig, dass die Klimaanlage weniger benutzt werden muss.



filtert das Licht



FILTRE INTERFÉRENTIEL - CSL

Das gleiche Prinzip kommt kommt, mit anderen Materialien, zur Anwendung, um Interferenzfilter herzustellen. Auf Spiegeln deponiert, reflektieren sie nur einen sehr geringen Anteil des elektromagnetischen Strahlenspektrums. Dies erweist sich als nützlich, wenn man sehr schwache Signale in einem ganz bestimmten Wellenlängenbereich messen will. Diese Art von Filter hat das Lütticher Raumforschungszentrum für den Satelliten SOHO entwickelt.

erzeugt Strom



Die Umwandlung der Energie des Sonnenlichts in Strom geschieht dank des sogenannten Photovoltaik-Effekts. Derzeit bestehen die Photovoltaik-Zellen hauptsächlich aus Silizium. Der Kilowattpreis des auf diese Weise erzeugten Stroms ist relativ hoch.

Andere Möglichkeiten, bei denen auf Nanopartikel und Farbstoffe zurückgegriffen wird, werden derzeit untersucht. Wenn der Farbstoff vom Sonnenlicht bestrahlt wird, gibt er Elektronen an Nanokörner (meist Titandioxid) ab, die die gleiche Rolle übernehmen wie das Silizium. Je nach Größe der Nanokörner können diese durchsichtig gemacht, in Glas integriert und somit als Stromquelle benutzt werden.

Es werden ebenfalls Untersuchungen an Zellen auf der Basis von organischem Polymer vorgenommen.

Die Nanomaterialien

Seitdem es den Menschen gibt, versucht er, die von ihm beeinflussbaren und hergestellten Materialien zu verbessern.
Die Materialien im Nanobereich machen da keine Ausnahme.

Die in den verschiedenen Anwendungen zum Einsatz kommenden Metall-Legierungen bestehen meistens aus Mikro-Körnern. Falls diese Körnung im Nano-Bereich erfolgt, werden die Eigenschaften der Legierungen sehr häufig verbessert. Z.B. haben Kupfer-Nano-Kristalle eine dreimal höhere Festigkeit als herkömmliches Kupfer.

In der Raumfahrt- und Flugzeugindustrie kommen nano-strukturierte Titanlegierungen mit wesentlich verbesserten Eigenschaften im Bereich der Zähigkeit und Festigkeit zum Einsatz.

Kohlenstoff-NANO-Röhrchen werden in Tennisschlägern eingesetzt.

Auf dem Markt befinden sich bereits heute Tennisschläger, deren Rahmen durch Kohlenstoff-NANO-Röhrchen verstärkt werden. Dank dieser NANO-Röhrchen verbessern sich die mechanischen Eigenschaften des Schlägers.

Sie sind fünfmal stabiler als Tennisschläger herkömmlicher Machart. Sie verbiegen weniger beim Auftreffen des Balles und ermöglichen einen wesentlich härteren Rückschlag.

Die Kohlenstoff-NANO-Röhrchen erhöhen außerdem die thermische Leitfähigkeit des Schlägers, was seine Benutzung für den Spieler angenehmer macht.



NANO-Blättchen zum Schutz vor Feuer

Die Nanoteilchen in Form von Nano-Blättchen erlauben eine Verbesserung der Flammfestigkeit von Kunststoffen. Dieser verbesserte Flammenschutz beruht auf einer starken Krustenbildung beim Beflammen, die den Kunststoff gegen die Flammen schützt und ein Weiterbrennen verhindert.

Verschiedene Nano-Composites (Abmischung von Kunststoffen mit Nano-Füllstoffen) auf Basis der Nano-Blättchen werden bereits in industriellen Anwendungen eingesetzt. Kunststofffilme auf Nano-Composites-Basis werden als Verpackungsfolie für geruchsintensive Lebensmittel eingesetzt.

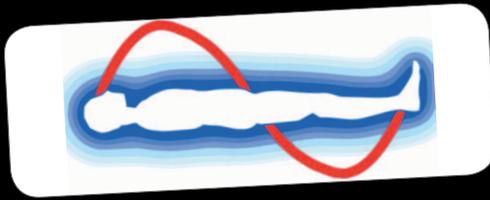
Elektrische Kabel erhalten eine hervorragende Flammfestigkeit und begrenzen damit maximal die Brandfortleitung.



BEISPIEL EINES MIT NANOTEILCHEN GEFÜLLTEN POLYMERS, UM DIE FLAMMFESTIGKEIT ZU VERBESSERN.



Der biomedizinische Sektor

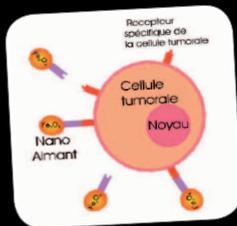


Der biomedizinische Sektor ist global derjenige, der die Nanotechnologien am häufigsten zur Anwendung bringt.

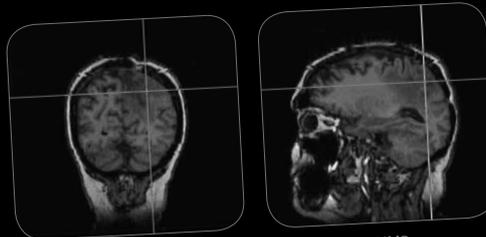
Spezielle Zellenkennzeichnung

Ein Hauptproblem der Medizin betrifft die Entdeckung und Auffindung kranker Körperzellen. Eine häufig benutzte Technik ist die Erstellung medizinischer Bilder über magnetische Resonanz (NMR). Diese Technik spürt unter anderem gewisse Markierungen auf, die sich aus magnetischen

Nanopartikeln zusammensetzen. Manche dieser Markierungen haben die besondere Eigenschaft, durch spezifische Polymere umschlossen zu werden. Sie heften sich dann an kranke Zellen und erlauben es so, gewisse Tumore der Leber oder anderer Organe zu diagnostizieren.



EINE TUMORZELLE MIT ANHÄNGENDEN NANO-MAGNETEN



VERSCHIEDENE ANSICHTEN EINES GEHIRNS NACH NMR

Krebsbehandlung

Nanopartikel könnten auch dazu dienen, gewisse Krebsarten zu behandeln. Bei einem Krebskranken entwickeln und verbreiten sich die Krebszellen durch Mitose (Zellteilung), bis sie das betroffene Organ zerstören und irreparable Schäden verursachen, die zum Tod der Person führen.

Durch den Einsatz von Nanopartikeln könnte man diese „wilden“ Zellen auf sanftere und selektivere Art vernichten, im Vergleich zu den heutigen Behandlungsmethoden wie z.B. Chemotherapie.



Spezifische Medikamente (Medikamente gezielt einsetzen)

Die Chemotherapie ist eine schwierige Behandlungsmethode, bei der chemische Antikrebsmoleküle in den Körper des Patienten geschickt werden. Dabei werden nicht nur Krebszellen, sondern auch gesunde Zellen zerstört. Es entstehen also Folgeschäden mit teilweise gravierenden Folgen. Durch Nanotechnik erhält man die Möglichkeit, diese Chemotherapie zu ersetzen, indem man ganz gezielt die Krebszellen bekämpft und damit die Schäden an den gesunden Zellen auf ein absolutes Minimum reduziert.

Gezielt ein Medikament einsetzen bedeutet, ein zusätzliches Hilfsmittel zu benutzen, um genau an der gewünschten Stelle die Wirkung des Medikamentes zum Tragen zu bringen. Wichtig dabei ist, dass dieser gezielte Einsatz ohne Beschädigung der anderen Organe vonstatten geht. In praktisch allen Krankheitsbildern kann es die Nanotechnologie ermöglichen, die Wirkung des jeweiligen Medikamentes ganz gezielt zum Einsatz zu bringen, insbesondere im Bereich der Krebserkrankungen, bei AIDS, bei degenerativen Krankheiten, etc.

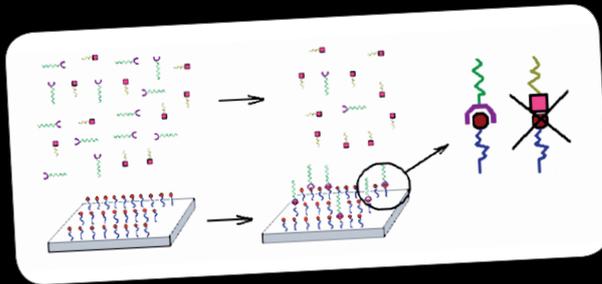
Gewisse Versuche stützen sich momentan auf das Einkapseln innerhalb nanometrischer Strukturen, wie z.B. C 60. Wenn diese Kapseln mit dem Medikament in den Organismus gesandt werden, müssen sie kranke Zellen finden. Hier wird das Prinzip des Nano-Bioempfängers benutzt, um diese Suchfunktion zu übernehmen. Einmal in Kontakt mit der kranken Zelle, öffnet sich die Kapsel und setzt ihren Inhalt frei.

Die Nanopartikel bestehen aus einer fettigen Schale (Liposome), deren chemische Zusammensetzung sehr nah bzw. identisch derjenigen ist, die unsere Zellen umhüllt. Dies erlaubt es, mit der Zelle zu fusionieren und unter gewissen Bedingungen das Medikament in die Zelle einfließen zu lassen. Auf diesem Wege ist es möglich, die kranke Zelle und die Menge des Medikamentes zu kontrollieren, um eine effizientere Nutzung zu ermöglichen.

Diese Technik, die heutzutage bereits zur Behandlung von Krebserkrankungen eingesetzt wird, sieht vor, zukünftig wichtige Anwendungen im Bereich der Verabreichung von Medikamenten zu ermöglichen.

Die biologischen Marker

Betrachten wir zwei willkürlich ausgesuchte Moleküle. Falls diese beiden eine starke Affinität füreinander haben (d.h. sich zusammenfügen, sobald sie sich berühren) und diese nur bei diesen beiden Molekülen auftritt (d.h. diese Affinität ergibt sich nicht mit anderen Molekülen), dann kann dieses System biologischer Marker oder biologischer Fühler genannt werden.



DAS PRINZIP DES BIO-FÜHLERS: DIE MOLEKÜLE (ROT UND BLAU), DIE SICH AUF DEM SUBSTRAT BEFINDEN, HABEN AFFINITÄT NUR MIT EINEM ANDEREN MOLEKÜL (GRÜN UND LILA). BRINGT MAN DIESE IN KONTAKT MIT EINER FLÜSSIGKEIT ODER EINEM GAS, WERDEN DIESE SICH DORT ANHÄNGEN. DA DIE ANDEREN ZELLEN DIESE AFFINITÄT NICHT HABEN, BESTEHT DIE MÖGLICHKEIT, ÜBER DEN BIOLOGISCHEN FÜHLER MESSUNGEN VORZUNEHMEN MIT VERSCHIEDENEN OPTISCHEN TECHNIKEN.

Die biologischen Fühler kommen mehr und mehr zum Einsatz, insbesondere in der medizinischen Anwendung, in der Biologie und seit kurzem auch in der Physik und der Chemie. Interessant dabei ist, dass diese biologischen Fühler sehr spezifisch eingesetzt werden können.

Man könnte den Vergleich ziehen mit einer kleinen Menschengruppe, die sich mit einer anderen Person treffen soll. Diese Person befindet sich aber in einer großen Menschenmenge. Es ist also eine Frage der Zeit, wie lange es dauern wird, bis die Gruppe diese Person findet. Jeder Einzelne der Gruppe wird also die Menschenmenge durchstreifen, bis er die gesuchte Person gefunden hat. Alle anderen Personen in der Menschenmenge sind ihm gleichgültig.

Das Prinzip des biologischen Fühlers ermöglicht es, eine Materie, eine Flüssigkeit, ein Gas oder sogar eine Zelle, eventuell ein spezielles Molekül zu entdecken und festzustellen, in welcher Menge dieses präsent ist.

Das System wird also zum wichtigen Messinstrument im Bereich des Molekularmaßstabes. Wir sprechen hier von einigen wenigen Nanometern. Das System könnte sehr hilfreich sein, um die Funktionsweise des lebenden Organismus besser zu verstehen.

Der biologische Fühler ermöglicht es dank seiner Flexibilität, in verschiedenen Gebieten zur Anwendung zu kommen. Bei der Luftverschmutzung zum Beispiel können die einzelnen Verschmutzungselemente mit ihren Eigenschaften und Mengen sehr präzise gemessen werden. Die Blutuntersuchung eines Patienten und das Feststellen, ob gewisse Moleküle vorhanden sind, ist eine weitere Anwendungsmöglichkeit. Hierbei könnte die Herstellung von DNA-Zellen (Mikro-Laboratorien) ermöglicht werden. Eine weitere Anwendung könnte das Verbessern der Farbgebung zur Entdeckung und Lokalisierung von Krebs usw. sein.

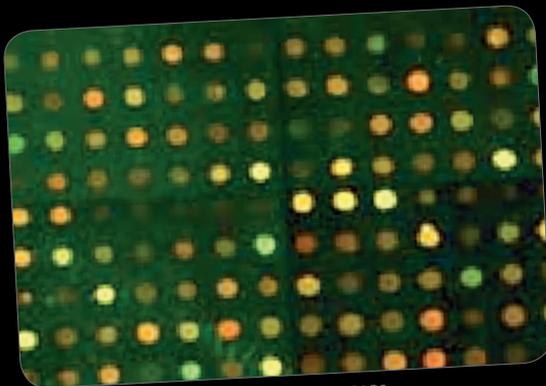


Die DNA-Zelle (Mikro-Laboratorium)

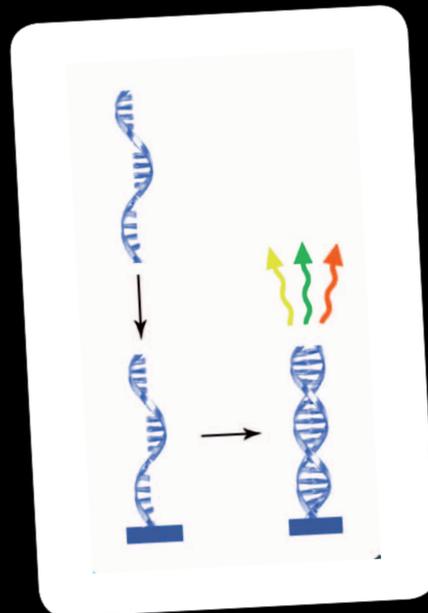
Bei der DNA-Zelle (Mikro-Laboratorium) handelt es sich um eine Gruppe von DNA-Molekülen, welche auf einer Oberfläche aus Glas, Silikon oder Kunststoff befestigt ist. Diese neu entdeckte Bio-Technologie ermöglicht es, Gene sichtbar zu machen, die sich zu einem gewissen Zeitpunkt (beim Embryo oder beim Erwachsenen) oder in einem gewissen Zustand (Krankheit oder Gesundheit) in einem speziellen Gewebe (z.B. in Leber oder Darm) befinden.

Diese DNA-Zellen (Mikro-Laboratorien) erlauben es, sehr schnell die Unterschiede zwischen den einzelnen Genen und dem gesamten «Genom» zu messen und darzustellen. Wenn diese Technik auch ziemlich aufwendig ist, so ist das Prinzip doch sehr einfach.

Die Herstellungstechniken der DNA-Zellen (Mikro-Laboratorien) beruhen auf dem Prinzip des Bio-Messwertgebers. Wenn zwei Teile einer DNA sich annähern, senden sie ein fluoreszierendes Lichtsignal aus, Licht, welches im Nachhinein bearbeitet und benutzt werden kann, um die DNA-Zelle (Mikro-Laboratorium) zu analysieren.



DNA-CHIP NACH DEM PRINZIP DES «BIO-SENSORS»



Nanopartikel zum Verführen

Sehr viele aktuelle Anwendungen der Nanotechnologie finden sich auf sehr hohem technologischen Niveau wieder. Es scheint, dass sie unser Leben bisher kaum beeinflussen. Dennoch gibt es seit mehreren Jahren Produkte, die zum Verkauf angeboten werden. Ein Bereich der vielfältigen Anwendungen ist die Kosmetik.



Pflegecreme

Pflegecremes für die Haut bestehen aus Molekülen, die feuchtigkeitsspendende antiaging, antioxidierende, ... Wirkungen haben. Diese Moleküle dringen in die Haut ein und üben ihre Wirkung direkt auf die Zellen aus. Die Wirkung begrenzt sich sehr oft auf die Hautoberfläche. Um diesen Nachteil zu vermeiden, werden die Pflegecremes durch Nanopartikel verbessert. Die Moleküle werden über Nanopartikel befördert und ermöglichen so eine bessere Durchdringung

der Haut und damit eine insgesamt bessere Wirkung auf die Zellen. Nanopartikel sind wesentlich kleiner als Zellen und haben kaum Schwierigkeiten, sich einen Weg durch und in die Zellen zu bahnen. Sie können sehr viel weiter und tiefer in die Hautschichten eindringen. Das Resultat ist eine in der Tiefe und nicht nur an der Oberfläche geschützte und gepflegte Haut.

Anti-UV

Titan-Dioxyd (TiO_2) wird aus Mineralien gewonnen und als weißes Pigment gebraucht. Unter anderem findet man es in kosmetischen Anwendungen, Zahnpasta, pharmazeutischen Produkten oder auch als Lebensmittelfarbe. Titan-Dioxyd wird ebenfalls als UV-Filter in Sonnencreme gebraucht. In mikroskopischer Pulverform der Creme beigemischt, hinterlässt es jedoch weiße Spuren auf der Haut. Bedingt dadurch, dass die Größe

der einzelnen Partikel bei ungefähr 300 nm liegt, kann das Licht durch diese reflektiert werden. Indem man ihre Größe auf 30 – 50 nm reduziert, kann man diesen Spiegeleffekt vermeiden, ohne jedoch die UV-Wirkung zu reduzieren. Dies ist der Grund, warum man auf dem Markt Sonnencremes findet, die mit Nanopartikeln Titan-Dioxyd (TiO_2) hergestellt werden und keine weißen Spuren hinterlassen.

Sichere Cremes?

Kürzlich wurden Befürchtungen geäußert, dass Creme, die Nanopartikel enthalten, gesundheitsschädlich sein könnten. Ist es wirklich so, dass solche Cremes keinen Einfluss auf unsere Gesundheit haben? Bei den kosmetischen Anwendungen ist es sehr

wahrscheinlich, dass bei gesunder Haut keine Probleme entstehen werden. Bei Verletzungen jedoch (Narben, Pickel oder Verbrennungen) ist die Wirkung noch nicht bekannt. Die toxikologischen Studien befinden sich erst im Anfangsstadium.



Die Nanotechnologien erobern das Weltall

Eine der wichtigsten Eigenschaften, die in der Raumfahrt zur Anwendung kommen, ist das Streben nach geringem Gewicht. Da die Flüge ins Weltall sehr teuer sind, kommt dem Gewicht eine lebenswichtige Bedeutung für die Raumfahrt zu.

Die im Weltall zum Einsatz kommenden Geräte müssen ebenfalls über lange Zeit autonom sein. Die bemannten Flüge erfordern vielfältige Sicherheitsmaßnahmen.

Die Nano-Computer...

Bei zukünftigen Einsätzen im Weltall werden die Raumschiffe autonom und intelligent sein. Um das zu ermöglichen, bedarf es leistungsfähiger, kompakter und energiesparender Computer, die der kosmischen Strahlung widerstehen. Die Rechenkapazität der Computer wird stetig steigen, allein schon um fortlaufend die flugbegleitenden Messungen durchführen zu können. Wichtig wird ebenfalls, dass sich diese Geräte ihrer Umgebung anpassen und auf Veränderungen reagieren. Die im Molekular- und Quantenbereich entwickelten Computer entsprechen diesen Bedingungen.

Die Nano-Fühler...

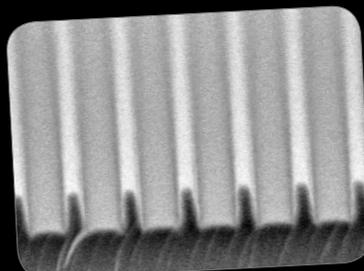
Temperatur, Druck, Partikel, chemische Zusammensetzung, Verformung, usw. müssen vor Ort messbar und analysierbar sein. Je länger der Einsatz dauert und je weiter entfernt er von der Erde stattfindet, umso mehr müssen die Nano-Fühler diesen Einflüssen trotzen. Dazu werden integrierte Nano-Fühler entwickelt.

Die Nano-Maschinen...

Es sind verschiedene Nano-Maschinen in Planung: Nano-Motoren, Nano-Pumpen, Nano-Antriebe, usw.

Nano-strukturierte Systeme

Bereits heute werden nano-strukturierte Systeme in der Raumfahrt eingesetzt, insbesondere im Bereich der Optik und Spektrometrie.

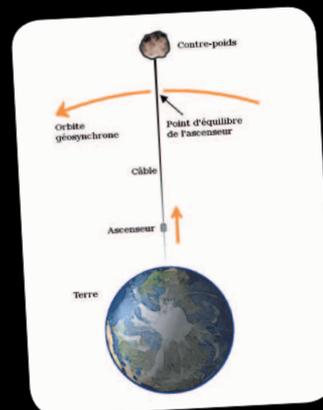


NANO-STRUKTURIERTES SYSTEM, EINGESETZT IN DER RAUMFAHRT: CENTRE SPATIAL DE LIÈGE (CSL)

Die Nano-Röhrchen, der Schlüssel zum Aufzug ins Weltall?



Die heutigen Raumfahrtzentren durch einen Aufzug ins Weltall zu ersetzen, ist der Traum vieler Spezialisten. Um das zu realisieren, benötigt man extrem reißfeste und leichte Materialien, mit denen die Herstellung eines langen Kabels als Verbindung zwischen Raumstation und Erde möglich sein kann. 36.000 km über unseren Köpfen würde dann die Raumstation schweben. Nur Kohlenstoff-Nanoröhrchen können momentan die Bedingungen erfüllen, um solch ein Kabel herzustellen.



Die lebende Nanowelt

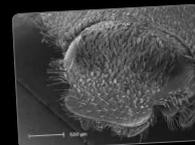
Vielfältig sind die Tiere, die dank Nanostrukturen die verschiedensten Farbmöglichkeiten sichtbar machen. Hierbei ist die Art und Weise, wie sich das Licht in diesen Strukturen spiegelt bzw. sie durchdringt, ausschlaggebend für die Farbe verschiedener Tiere und Pflanzen.

Wechselnde Farben

Die Farbgebung dieses Hartflüglers entsteht durch ein Übereinanderschichten verschiedener kleiner Plättchen (in zwei Schichten) in den Schuppen seines Panzers. Je nach Blickwinkel kann die blaue Farbe als blau oder violett gesehen werden.



BLAUE RÜCKSEITE

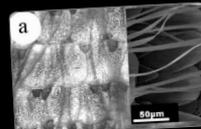


EIN MIT SCHUPPEN BEDECKTES HÄUTCHEN

Widerstandsfähigkeit gegen Kälte

Dank der Nanostrukturen auf seinen Flügeln weist der Schmetterling *Polyommatus daphnis* eine blaue Färbung auf.

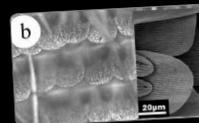
Sein Vetter, der *Polyommatus marcidus*, hat diese Strukturen verloren und weist eine braune Färbung auf. Diese braune Färbung ist charakteristisch für Schmetterlinge in höheren (kalten) Regionen. Dieser Farbwechsel hat eine bessere Wärmespeicherung ermöglicht.



SCHUPPEN AUF DEN FLÜGELN DES *POLYOMMATUS DAPHNIS*



POLYOMMATUS DAPHNIS



SCHUPPEN AUF DEN FLÜGELN DES *POLYOMMATUS MARCIDUS*



POLYOMMATUS MARCIDUS

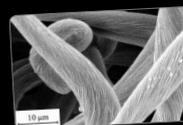
Widerstandsfähigkeit gegen ultraviolette Strahlung

Das Edelweiß ist eine in großen Höhen wachsende Pflanze, die speziell gegen UV-Strahlung geschützt ist.

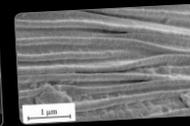
Herkunft dieser speziellen UV-Widerstandsfähigkeit ist im Flaum dieser Pflanze zu finden. Die Fläche, welche sich aus kleinen Härchen zusammensetzt, besteht aus nanostrukturierten Rillen.

Diese Eigenschaften werden speziell durch Jean-Pol Vigneron im Laboratorium für Physik an der Universität Namur analysiert.

BLICK DURCH DAS ELEKTRONENMIKROSKOP AUF DIE PFLANZOBERFLÄCHE



KLEINE VERGRÖßERUNG, DIE DIE FASERSTRUKTUR ZEIGEN



HOHE VERGRÖßERUNG, DIE NANOSTRUKTUREN AUF DEN EINZELNEN FASERN ZEIGEN



EDELWEISS (*LEONTOPODIUM ALPINUM*)



An der Decke kleben: Der « Gecko-Effekt »

Der Gecko ist eine Eidechse, die an einer Mauer entlang-, kopfüber an der Decke klettern und mit einem einzigen Fuß an ihr hängen bleiben kann. Dies kann er dank... der Nanotechnologie!

Die Füße des Geckos sind mit mikroskopisch kleinen Härchen bedeckt und jedes von ihnen mit ungefähr 1000 noch kleineren Spateln, die annähernd 200 nm breit sind.

Wenn der Gecko sich bewegt, setzt er seine Füße so auf die Oberfläche auf, dass die Spateln sich ihr sehr nähern. Die Atome der Oberfläche und die der Spateln ziehen sich aufgrund der interatomaren Kräfte (Van der Waals-Kräfte genannt) an.

Individuell sind diese Kräfte sehr schwach, aber es gibt so viele Härchen, die von so zahlreichen Spateln bedeckt sind, dass die resultierende Anziehungskraft ausreicht, um den Gecko zu halten, manchmal mit einem einzigen Fuß! Die Verbindung kann bis zu 100 Mal das Gewicht des Geckos aushalten. Sie löst sich leicht durch «Haarentfernung», auf die gleiche Art und Weise, wie man einen Klebestreifen entfernt.

So kann sich der Gecko an der Decke fortbewegen.

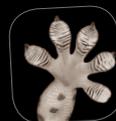
Die Wissenschaftler freuen sich bereits auf die Entwicklung einer synthetischen «Geckoline». Versuche sind durchgeführt worden, indem man einen Film aus Polymeren, die mit submikrometrischen Härchen bedeckt sind, herstellte.

Die so erhaltene Oberfläche verhält sich wie ein Klettverschluss. Die Versuche sind vielversprechend, aber es bleiben noch Probleme zu lösen: Flexiblere Härchen werden gesucht, diese sollen nicht verschmutzen und aufeinanderfolgende Zyklen von Zusammenkleben-Lösen ermöglichen.

Diesen Effekt findet man nicht nur beim Gecko. Käfer, Fliegen, Marienkäfer, Spinnen und viele andere Insekten können anhand dieser Methode an der Decke laufen.



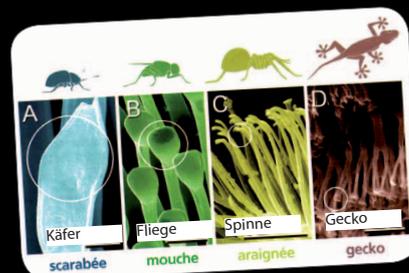
GECKO



ZOOM AUF DEN FUß EINES GECKOS



DIE OBERFLÄCHE EINER GECKO-ZEHNE



Nanotoxico 1/2

Erfindungen unterstützen, eine gesunde Zukunft garantieren

In der Wallonie hat das NANOTOXICO-Programm (FUNDP), das von der Wallonischen Region finanziert wird, zum Ziel, in vitro-Modelle zu erstellen, um den Einfluss von Nanopartikeln auf die Gesundheit zu analysieren. Zudem könnten diese Modelle, wenn sie einmal fertig gestellt sind, Tierversuche ersetzen.

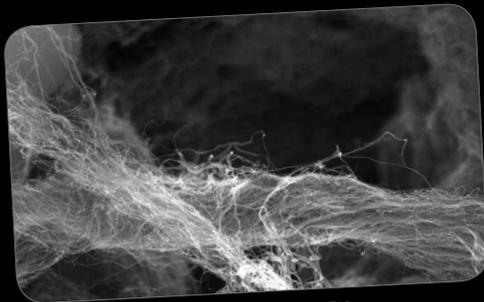
Das Programm in einigen Zahlen: 5 Jahre,

5 Millionen Euro beigetragen durch die FUNDP, 5 Millionen Euro beigetragen durch die DGTRE (Ministerium der Wallonischen Region), 4 Arbeitsgruppen (in vitro, in vivo, Charakterisierung, Kommunikation), 50 beteiligte Wissenschaftler, Industriepartner (Nanocyl, Sirris,...), für 2012 ein Markt mit einem geschätzten Impact von 50 Milliarden Euro, usw.

Definition der Identitätskarte der Nanopartikel

Aktuelle Resultate haben gezeigt, dass gewisse physikalisch-chemische Eigenschaften der Nanopartikel eine Rolle in einer eventuellen Toxizität spielen.

Eins der Ziele der Arbeitsgruppe «Charakterisierung» ist es, diese Eigenschaften zu bestimmen: Größe, Größenverteilung, Form, Oberfläche, chemische Zusammensetzung. Hierzu wird insbesondere das Elektronenrastermikroskop benutzt.



KOHLENSTOFFNANORÖHRCHEN UNTER DEM ELEKTRONENRASTERMIKROSKOP



EINE WISSENSCHAFTLERIN ANALYSIERT EINE LUNGENGEWEBEPROBE EINER RATTE

Nanodialog

Ohne ernsthafte Anstrengungen in der Kommunikation könnte die Bevölkerung die Entdeckungen der Nanotechnologie negativ aufnehmen. Wichtig für die längerfristige Entwicklung der Nanotechnologien sind Veranstaltungen, die den Austausch zwischen der Bevölkerung und der Gemeinschaft der Wissenschaftler fördern. Die Arbeitsgruppe «Kommunikation», genannt «Atout Sciences», hat daraufhin verschiedene Aktivitäten unternommen, die darauf abzielen, einen «Nanodialog» zu führen und helfen sollen, einzuschätzen, wie die Bevölkerung die Nanotechnologien wahrnimmt.



PRIMARSCHÜLER BESUCHEN DIE AUSSTELLUNG NANOTECHNOLOGIE 2008

Nanotoxico 2/2

Entwicklung von Tests zur Messung der Giftigkeit *in vitro* und *in vivo*

Wie viele Naturprodukte oder andere vom Menschen hergestellte Produkte, könnten Nanopartikel über die Haut und die Schleimhäute, durch die Atmung und die Speiseröhre in mehr oder weniger hoher Konzentration mit dem Körper in Kontakt kommen.



IN VITRO-BEARBEITUNG VON GEWEBE

Die *in vitro* Modelle

Das Ziel der Forschungsgruppe Toxikologie *in vitro* ist, repräsentative Gewebemodelle dieser Organe zu entwickeln und zu testen. Anschließend werten die Forscher die Wirkung der zu erforschenden Nanopartikel auf den Stoffwechsel und die Zellteilung aus.

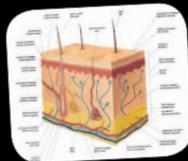


ABBILDUNG DER HAUT

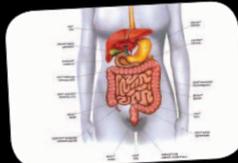


ABBILDUNG DER DÄRME

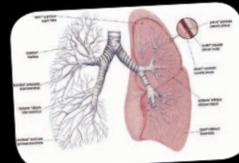
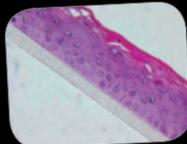


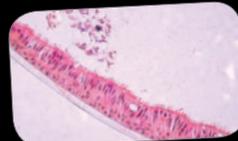
ABBILDUNG DER LUNGE



REKONSTRUIERTES HAUTBILD



REKONSTRUIERTE DARMHAUT



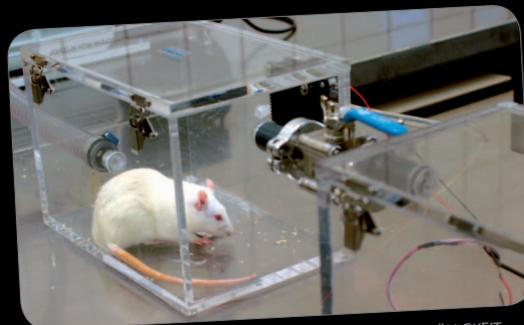
DARSTELLUNG DER LUNGENWAND

Die *in vivo* Modelle

In Zusammenarbeit mit ihrem Partner der Pharmakologie hat sich der «pôle» Pharma/Santé das Ziel gesetzt, mögliche Risiken sichtbar zu machen, die bei einer längeren Aussetzung von Partikeln auftreten könnten.

Die Atemwege und der orale Weg gehören zum Beispiel zu den möglichen zu erforschenden Bereichen («Eingangswegen»).

Am Anfang ist das Forschungsziel das Studium der Toxizität, die bei einer großen und sich schnell wiederholenden oralen Aufnahme von Nanopartikel entsteht. Parallel dazu wird ein Modell der Einatmung von Nanopartikeln entwickelt, um die mögliche Toxizität im Bereich der Lungen zu erforschen.



VERSUCHSANLAGE ZUR MESSUNG DER WIDERSTANDSFÄHIGKEIT DER ATEMWEGE VON NAGETIEREN GEGEN NANOPARTIKEL



Wissenschaft oder Fiktion?

Die potenziellen Verwendungen der Nanopartikel kündigen schon eine Revolution an. Andere wiederum gehen noch viel weiter: bis an die Grenze der Science-Fiction.

Der NANO-Dialog

Im Jahr der Entdeckung der Fullerene (= sphärische Moleküle aus Kohlenstoffatomen) im Jahr 1986 publizierte Eric Drexler, Forscher am Massachusetts Institut für Technologie (MIT), USA, ein Buch, welches viel Wirbel machte: «Schöpfungsmaschinen». Dort verfolgte er die Idee des Physikers Richard Feynman, der im Jahr 1959 das Konzept einer Maschine formulierte, die mit Hilfe anderer Maschinen wiederum Atom für Atom herstellt.

Drexler beschreibt eine technologische Revolution, die sich auf die Herrschaft der Materie im Nanobereich beruht. Er erwähnt im Besonderen die Reproduktion und die Kontrolle von biochemischen Prozessen, die bei der Herstellung von unseren Molekülen ablaufen. Er ahnt Maschinen voraus, die im Organismus wandern, z.B. um dort Gewebe zu regenerieren und Zellen zu reparieren sowie zur Zerstörung von Krebszellen.

In seinem Buch spricht Drexler vom «Vereiniger», ein absolut theoretisches Konzept zu dieser Zeit: eine Handvoll Nanomaschinen (Nanobots) sind fähig, Atome von der Stelle zu bewegen und diese mit blitzschneller Geschwindigkeit zu komplexen Strukturen zusammen zu bauen. Der Vereiniger kann egal was zusammenbauen, Atom nach Atom, nach einem ihm vorher einprogrammierten Programm: eine DNA-Sequenz, einen Teller mit Fritten und Steak, ein Auto, etc.

Dank dieser Technik könnte alles im Überfluss erzeugt und kostengünstiger werden.

... zu der « grauen Masse »

Wenn ein Vereiniger sich verpackt und eine unendliche Anzahl von Kopien von sich macht, ist es unmöglich, ihn aufzuhalten. Er kopiert sich und entzieht somit der Natur die notwendige Materie sowie die dazugehörige Energie. Er isst wortwörtlich die Biosphäre auf. So erzeugt er eine «graue Masse», analog zu der «grünen Masse», welche aus Algen und anderer pflanzlicher Materie besteht, die Wasserflächen und Feuchtgebiete überwuchern. Ein solcher Vereiniger bedeutet zugleich das Ende der Welt.

Wissenschaft oder Fiktion ?

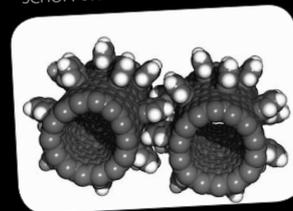
Diese Idee des Weltuntergangs, hervorgerufen durch die „graue Masse“, ist durch das Buch «Das Opfer» von Michael Crichton populär geworden.

Für die Mehrheit der Wissenschaftler sind Drexlers Träumereien pure Utopie und Spekulationen. So versteht Richard Smalley, Nobelpreisträger der Chemie, die Interaktionen zwischen Atomen als so komplex, dass sie unmöglich nach der durch Drexler beschriebenen Art zu manipulieren sind. Auch andere wissenschaftliche Argumente stellen Drexlers Schlussfolgerungen in Frage.

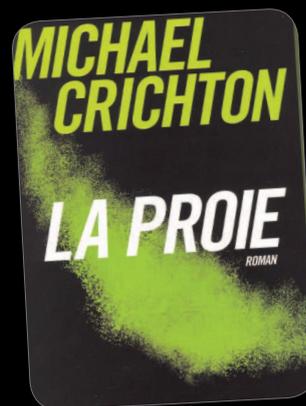
Die Debatte ist also noch lange nicht abgeschlossen...



SCHÖPFUNGSMASCHINEN



MOLEKULARES GETRIEBE, BASIEREND AUF EINER NASA-SIMULATION



MICHAEL CRICHTON : DIE BEUTE

Ethische Fragen

Für einen Philosophen bietet die Nanotechnologie ein ideales Themenfeld. Es werden philosophische Fragen über die wissenschaftliche Entwicklung, die Ethik, die Risiken und das Ungewisse gestellt (Jean-Pierre Dupuy).

Im Bericht des ethischen Komitees CNRS in Frankreich von Oktober 2006 wird Folgendes ausgeführt :

Die Hoffnungen, welche man auf die Nanotechnologie zur Lösung von Problemen im Bereich der Umwelt, der Energie, der Gesundheit und der Sicherheit setzt, werden mit den potenziellen Risiken und Gefahren in diesen Bereich verglichen. :

1. Die medizinischen Heldentaten (gezielt zum Einsatz kommende Medikamente) stehen im Gegensatz zu den toxikologischen Risiken, die die Nanoteilchen für die **Gesundheit und Umwelt** bedeuten könnten.
1. Die Versprechungen über Kontrolle und Hilfe bei der Rückverfolgbarkeit werden begleitet durch Ängste um die individuelle **Freiheit und das Privatleben**, z.B. unsichtbare Überwachung im Personenbereich.
1. Die Hoffnung, das Lebensalter und die physischen und intellektuellen menschlichen Leistungen zu erhöhen, werfen Fragen auf, die den Respekt der **Menschenwürde** betreffen, aber auch **soziale Belange** tangieren.
1. Eine Fülle von Anwendungen im militärischen Bereich könnten unsere Verteidigungs- und **Sicherheitsstrategien** von Grund auf verändern.
1. Schließlich könnten zur Zeit noch schwer vorzustellende technologische Innovationen die **wirtschafts- und geopolitischen Beziehungen** stark verändern.



Seit den ersten Schritten im Bereich der Nanowissenschaften und Nanotechnologien hat sich ein sehr großes Forschungs- und Entwicklungspotenzial aufgetan und dieses kann großen Einfluss auf die Entwicklung unserer Gesellschaft und auf unser tägliches Leben haben.

Die Nano-Technologien sind das Werk des Menschen

Wissenschaften und Technologien sind Menschenwerke, die durch und für den Menschen wirken. Wie jede menschliche Aktivität beinhalten sie positive Aspekte und andere, die gefährlich sein könnten. Es ist verständlich, dass dies auch für die Nanotechnologien zutrifft.

Der Einsatz der Nanotechnologien ist von kapitaler Bedeutung. Es ist sehr wichtig, dass jeder über diese Thematik genauestens informiert wird, dass öffentliche und politische Diskussionen stattfinden, damit jeder anhand dieses Wissenstandes eine Entscheidung treffen kann.