

"Nanotechnologie in Physik und Chemie"

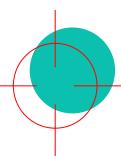
Chancen und Risiken Eine Einführung aus der Perspektive der Technikfolgenabschätzung

Dr. Ulrich Fiedeler
Institut für TechnikfolgenAbschätzung
Österreichische Akademie der
Wissenschaften

A-1030 Wien, Strohgasse 45/3 Tel.: +43-1-51581-65XX Fax: +43-1-710 98 83 ulrich.fiedeler@oeaw.ac.at www.oeaw.ac.at/ita





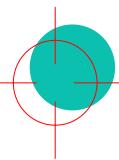


Übersicht

- Die zwei Aspekte der Nanotechnologie (NT)
- Beispiele und Charakteristika der NT
 - Definition der Nanotechnologie
 - O Beispiele
 - Was ist das Besondere der NT?
- Wahrnehmung der NT in der Öffentlichkeit Hype oder Realität?







Die zwei Aspekte der Nanotechnologie (NT)

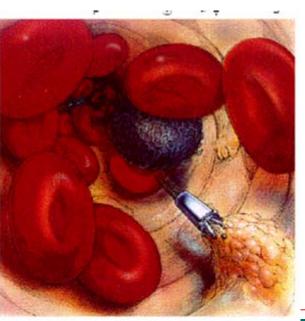
1) Technisch/naturwissenschaftlich

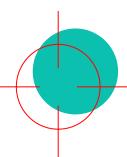
Woran wird geforscht?
Welche Konzepte/Produkte gibt es?
Was sind die charakteristischen Eigenschaften des Untersuchungsgegenstands?

2) Gesellschaftlich/medial

Wie wird über die NT kommuniziert?
Wer sind die Akteure?
Was sind ihre Interessen und Motive?
Warum präsentieren sie die NT so und nicht anders?







Übersicht

Die zwei Aspekte der Nanotechnologie (NT)

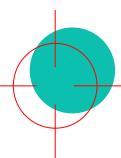
- Beispiele und Charakteristika der NT
 - Definition der Nanotechnologie
 Beispiele
 Was ist das Besondere der NT?

Wahrnehmung der NT in der Öffentlichkeit

Hype oder Realität?







Was ist Nanotechnologie?

Nanos = griechisch Zwerg Im wissenschaftlichen Kontext: 10⁻⁹

Im Zusammenhang mit Nanotechnologie:

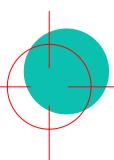
<u>Dimension einer Länge</u>, 10⁻⁹ Meter = Millionstel Millimeter

Zur Vorstellung:

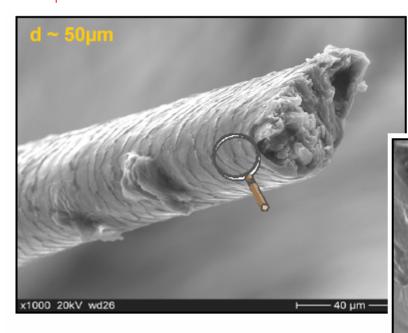
1nm = 1/50 000 eines menschlichen Haares



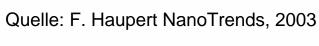




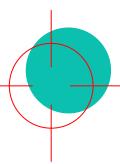
x10000 20kV wd26



TiO₂ -Particle (300nm)







Zwei Beispiele einer Definition der Nanotechnologie:

"...<u>production</u> technology to get the extra high accurancy and ultra <u>fine dimensions</u>, i.e. the preciseness and finesness on the order of 1nm..."

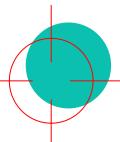
(Norio Taniguchi Urheber des Begriffs "Nanotechnology", 1974)

"Gegenstand der Nanotechnologie ist die <u>Herstellung</u>, Untersuchung und Anwendung <u>funktionaler Strukturen</u> und Dimensionen im Bereich weniger <u>millionstel Millimeter</u>. Bei diesen Dimensionen treten <u>neuartige Phänomene</u> auf, die in makroskopischen Dimensionen nicht beobachtbar sind."

(Antwort der Bundesregierung auf eine Kleine Anfrage der FDP, 2001)







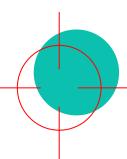
Charakterisierung:

- Strukturen in Dimensionen zwischen ca. 1nm und 100nm.
- Diese Strukturen werden gezielt hergestellt und manipuliert.
- Aufgrund der Strukturierung im nm-Maßstab werden neue Funktionalitäten erschlossen (z.B. neue Katalysatoren).

Unter NT versteht man <u>sowohl Produkte</u>, die selbst, oder deren Komponenten Strukturgrößen kleiner als 100nm aufweisen <u>als auch Verfahren</u> zur Beschichtung, Strukturierung oder Partikelerzeugung.

- Definition ist extrem breit, sehr viele Forschungsaktivitäten lassen sich unter NT subsummieren.
- inhärent interdisziplinär, sinnvolle Trennung von Physik, Chemie und Biologie ist nicht möglich.





Übersicht

Die zwei Aspekte der Nanotechnologie (NT)

Beispiele und Charakteristika der NT

Definition der Nanotechnologie

Beispiele

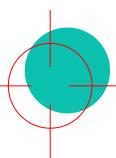
Was ist das Besondere der NT?

Wahrnehmung der NT in der Öffentlichkeit

Hype oder Realität?

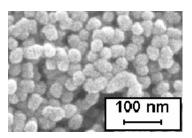




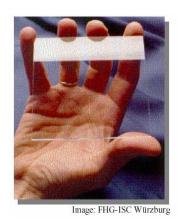


Beispiele:

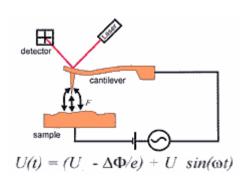
Partikel



• dünne Schichten



Analytik

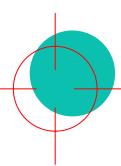


Verbundmaterialien



Strukturierung





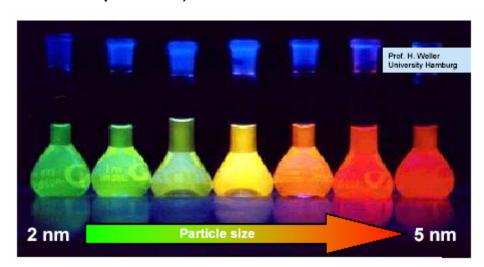
Durchmesser 5-100nm

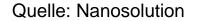
Verhältnis von Volumen zu Oberfläche extrem groß, d.h. viel Atome befinden sich an der Oberfläche:

- → Verändertes Bindungsverhalten,
- kleine Mengen eines Nanopulvers besitzen eine große Oberfläche (Katalyse, Wasserstoffspeicher).

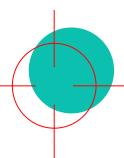
Führt zur Veränderung der

- elektronischen,
- optischen und
- chemischen Eigenschaften.
- → bio labeling
- → Sensorik
- → Verbundmaterialien









Anwendung: drug delivery

Oberfläche der Nanopartikel mit Medikamenten beschichtet oder nanoskalige Kapseln z.B. aus Lecithin, in denen sich die Medikamente befinden.

Funktionalisierung der Oberfläche

gezielte Anbindung an das kranke Gewebe

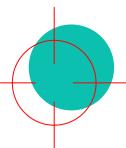
Die Medikamente kommen da hin, wo sie gebraucht werden, Reduktion der Dosis, Reduktion der Nebenwirkungen.

In der Versuchsphase:

Hyperthermiebehandlung mit Eisenoxyd-Teilchen, die in den Tumor appliziert werden und dort mittels Mikrowellen das Tumorgewebe auf über 42 Grad aufheizen.







Anwendung: Sonnencreme

TiO₂- Partikel > 30nm für den sichtbaren Bereich des Lichtes transparent, absorbieren aber den UV-Anteil des Lichtes

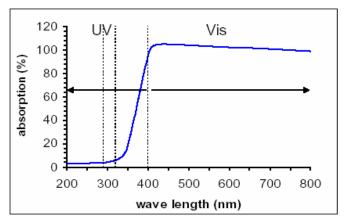


Höhere Effizienz, größere Stabilität als organische Absorber, bessere Hautverträglichkeit.

Kosmetika:

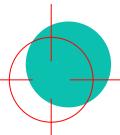
Aufhellende Wirkung der Partikel in den Falten (wo sich die Partikel ansammeln).











Anwendung: Autoreifen

Beimischung von Nanopartikeln in die Gummimischung. Gute Haftung, geringer Rollwiderstand und geringer Abrieb kann gleichzeitig optimiert werden.



Anwendung: Keramiken

Gleichzeitige Optimierung von:

Hitzebeständigkeit, Härte, Gewicht, Flexibilität,

Sprödigkeit, Verformbarkeit,

Verringerung von Totalversagen.

Weitere Eigenschaften sind denkbar:

Leitfähigkeit,

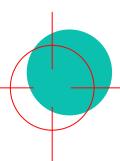
Transparenz/Farbe (Zahnmedizin).

Stichwort: maßgeschneiderte Materialien.









Beispiele: dünne Schichten

Anwendung: Entspiegelung
Beschichtungen, die bei niedrigen Temperaturen
aufgebracht werden können
→ Brillengläser aus Plastik



Stichwort: Lotuseffekt Autos ohne Scheibenwischer?

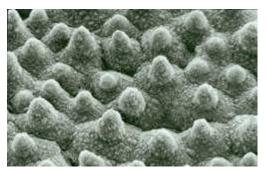
Anwendung: kratzfeste Lacke
Durch Einbettung von extrem harten
Nanopartikeln (Transparenz).

Quelle: Lotus-Effect® Botanisches Institut Bonn



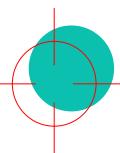
Image: FHG-ISC Würzbur











Beispiele: dünne Schichten

Anwendung: Leseköpfe in Computerfestplatten

Ultradünne Kupfer-Kobalt-Schichtsysteme:

Extrem starke Veränderung der Leitfähigkeit bei Veränderung eines von außen angelegtes Magnetfeldes.

(RMR-Effekt: Giant Magnetoresistence Effekt)

Deutliche Verkleinerung des Lesekopfes,

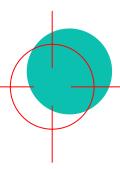
hohe Speicherdichte (4 Gigabyte/cm²).

Beispiel für eine neue Funktionalität durch Verringerung der Strukturgröße in den nm-Bereich hinein.









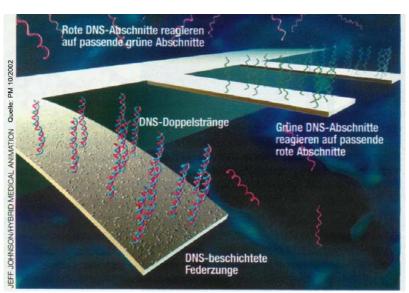
Beispiele: Sensorik

Wesentliche Fortschritte werden erwartet, da:

Derzeit: Nachweis meist indirekt über Veränderung physikalischer Größen (Leitfähigkeit, Wärmekapazität…)

→ unspezifisch

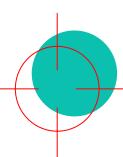
Mittels NT: spezifische Detektion (Schlüsses/Schloss-Prinzip)
Neue Ausleseverfahren, da gezielte Strukturierung in der Größenordnung der Moleküle selbst möglich wird.



Quelle: Spektrum der Wissenschaft

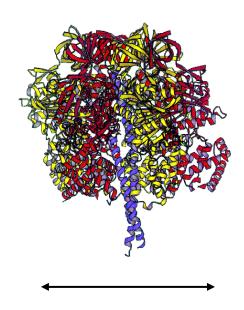




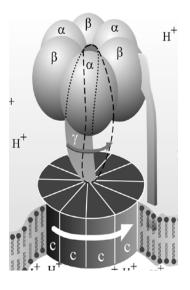


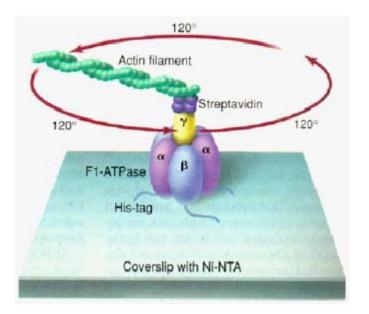
Beispiele: Molekulare Maschinen

ATP Synthase



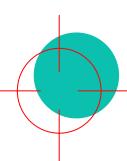
10 nm











Beispiele: Analytik

Rastertunnelmikroskop

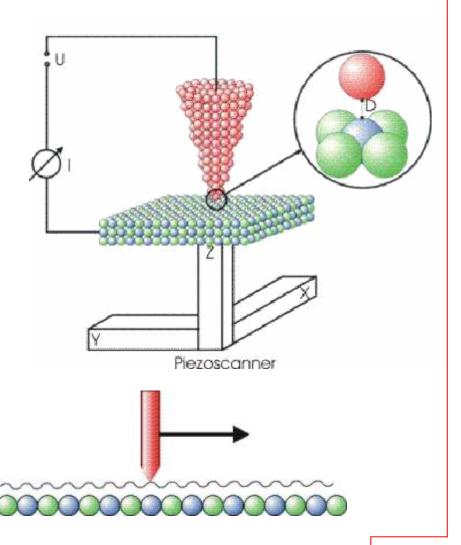
Leitfähige Spitze wird an die Oberfläche der Probe angenähert.

Im Abstand von einigen nm

→ Tunnel-Strom.

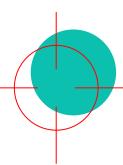
Spitze wird über die Probenoberfläche gefahren (rastern),

Strom konstant gehalten durch
Variation des Abstands zur Probe.







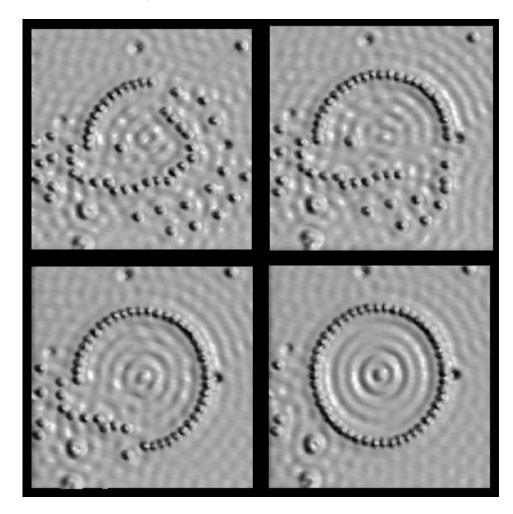


Beispiele: Analytik

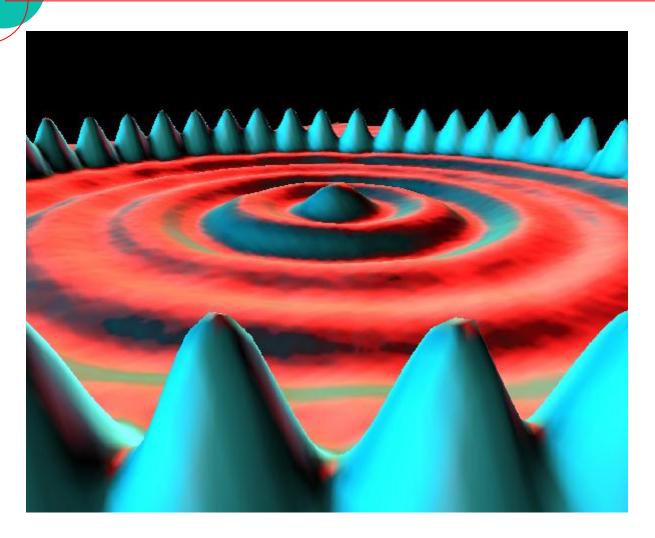
Ergebnis:

Topographisches
Bild der
Probenoberfläche
(genauer, der
Elektronenverteilung
an der Oberfläche).

Quelle: http://www.almaden.ibm.com/vis/stm/lobby.html



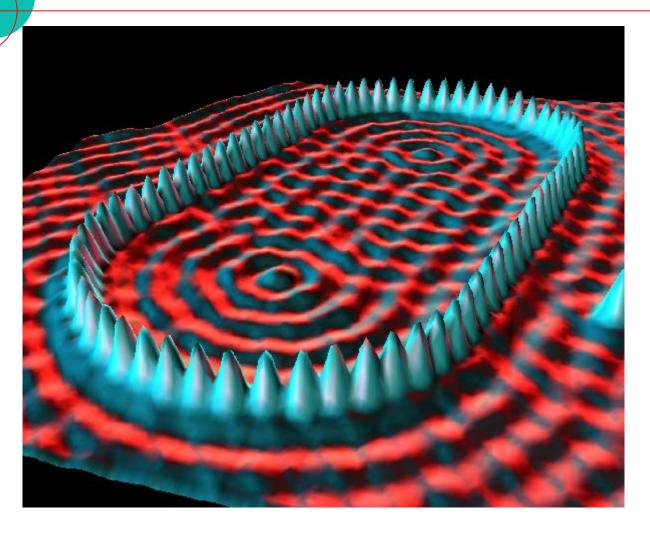




Quelle: http://www.almaden.ibm.com/vis/stm/lobby.html

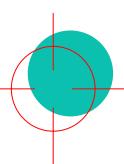






Quelle: http://www.almaden.ibm.com/vis/stm/lobby.html





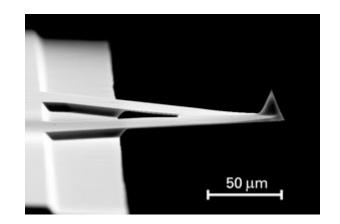
Beispiele: Analytik

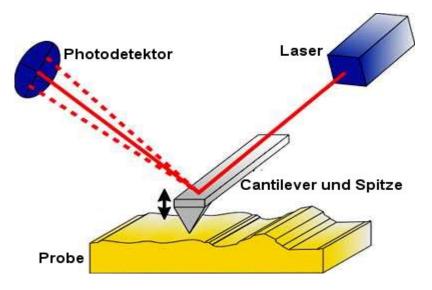
Rasterkraftmikroskop

Statt einer leitfähigen Spitze, Spitze an einer Blattfeder ("Plattenspieler"). Beim Rastern verbiegt sich die Blattfeder. Stärke der Verbiegung entspricht der Höhenabweichung

Ergebnis:

topographisches Bild der Probenoberfläche









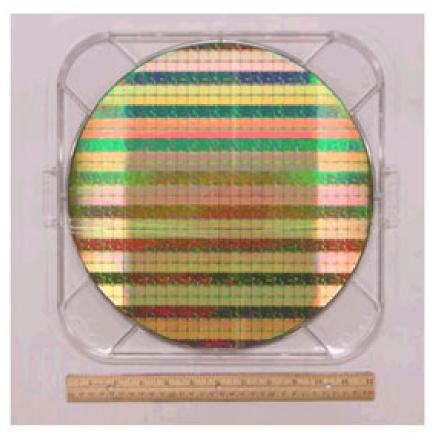
Beispiele: Strukturierung

Schlüsseltechnologie Mikroelektronik:

Wichtiger Motor der Entwicklung
hin zur Nanotechnologie.

Verringerung der Strukturgrößen. Derzeit bei 130nm, in Kürze 90nm -> Nanotechnologie.

Weitere Verkleinerung verspricht mehr Rechenleistung der CPU, weniger Energieverbrauch. Aber ab Strukturgrößen von ca. 10nm sind Quanteneffekte zu Erwarten.

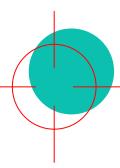


52 Mbit SRAM Chips on 300 mm Wafer 120 billion transistors on one wafer

Außerdem: enormer prozesstechnischer Aufwand.







Beispiele: Strukturierung

300nm

Der Erzeugung noch kleinerer Strukturen versucht man sich

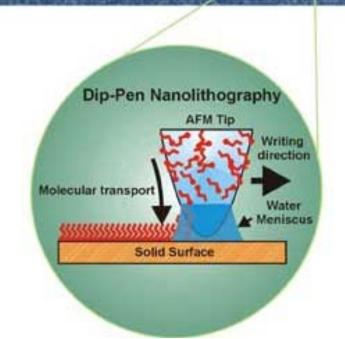
von zwei Seiten zu nähern:

"top down"

Praxis der Mikroelektronik

Neue Konzepte wie: Dip-Pen Nanolithographie

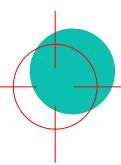
> Quelle: IWGN Workshop Report 1999 http://www.wtec.org/loyola/nano/IWGN. Research.Directions/



50nm





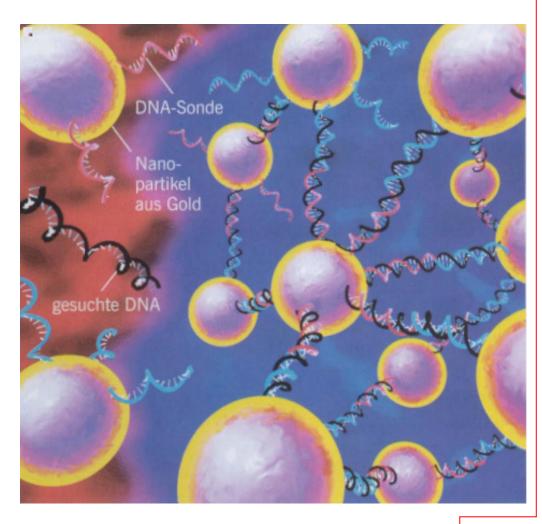


Beispiele: Strukturierung

bottom up

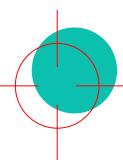
Selbstorganisation z.B. (Quantenpunktlaser)

Quelle: Spektrum der Wissenschaft





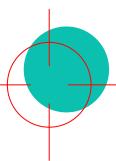




Was ist nun also das Charakteristische der Nanotechnologie?







Es gibt nicht die eine Nanotechnologie. Es gibt viele verschiedene Ansätze.

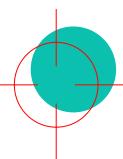
Der Entwicklungsgrad dieser Ansätze ist sehr unterschiedlich. Die meisten Konzepte sind im frühen Forschungsstadium (Beispiel: drug delivery, Quantencomputer). Viele Konzepte sind ausschließlich visionär (Brainchip).

NT ist eine "enabling technology" (Beispiel: Lesekopf):

- ermöglicht eine entscheidende Funktionalität, sieht man dem Produkt aber nicht an
- kann in vielen unterschiedlichen Produkten angewendet werden (Querschnittstechnologie, Beispiel: Nanopartikel)

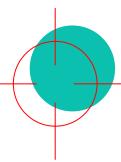






Und was ist das Besondere an der Nanotechnologie?





Physikalisch-mechanische Ingenieurstechnik

top down



bottom up

Chemie/Biologie

Werden in der NT vereint.

→ Synergieeffekte

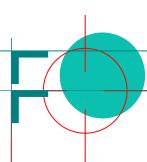
Weder Festkörper noch Atom.

→ Quanteneffekte dominieren

→ Neue Funktionalitäten







Forschungszentrum Karlsruhe

in der Helmholtz-Gemeinschaft

Übersicht

Die zwei Aspekte der Nanotechnologie (NT)

Beispiele und Charakteristika der NT

Definition der Nanotechnologie

Beispiele

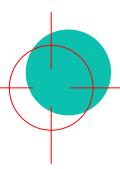
Was ist das Besondere der NT?

Wahrnehmung der NT in der Öffentlichkeit

Hype oder Realität?

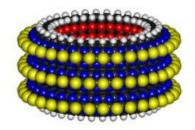


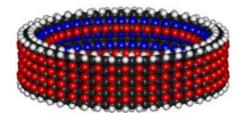




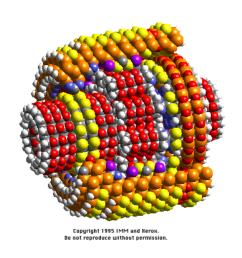
Eric Drexler: Engines of Creation (1986) "Nanoassembler"

Foresight Institute

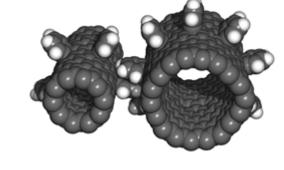








Getriebe

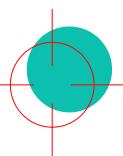


Zahnräder

Quelle: Foresight Institute http://www.foresight.org/







"My budget supports a major new National Nanotechnology Initiative, worth \$500 million. ... the ability to manipulate matter at the atomic and molecular level. Imagine the possibilities: materials with ten times the strength of steel and only a small fraction of the weight -- shrinking all the information housed at the Library of Congress into a device the size of a sugar cube -- detecting cancerous tumors when they are only a few cells in size.... "

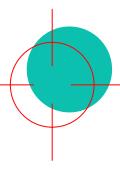
President William J. Clinton (21.Jan. 2000, Caltech, Pasadena, Ca)

(http://pr.caltech.edu/events/presidential_speech/pspeechtxt.html)

The emerging fields of nanoscience and nanoengineering - the ability to precisely move matter - are leading to unprecedented understanding and control over the fundamental building blocks of all physical things. These developments are likely to change the way almost everything - from vaccines to computers to automobile tires to objects not yet imagined – is designed and made.

National Nanotechnology Initiative, (http://www.nano.gov/press.htm)





"Die Nanoelektronik ist der Innovationsmotor für fast alle Branchen. Bereits heute gibt es unter den Chipherstellern und Zulieferern 70.000 Arbeitsplätze in Deutschland, die von der Nanoelektronik abhängen. Der Markt für elektronische Bauteile hat allein in Deutschland einen Wert von rund 20 Milliarden Euro."

Wolf-Dieter Dudenhausen am 25.Nov. 2003 (Staatssekretär im Bundesforschungsministerium)

Quelle: Pressemitteilung 219/03 des BMBF

"Imagine a computer the size of a pin, or tiny robots 1/800th the size of a human hair which can navigate inside a human body and attack and destroy malignant cells like those that carry cancer or other terminal diseases." Shimon Peres (26. Nov. 2003)

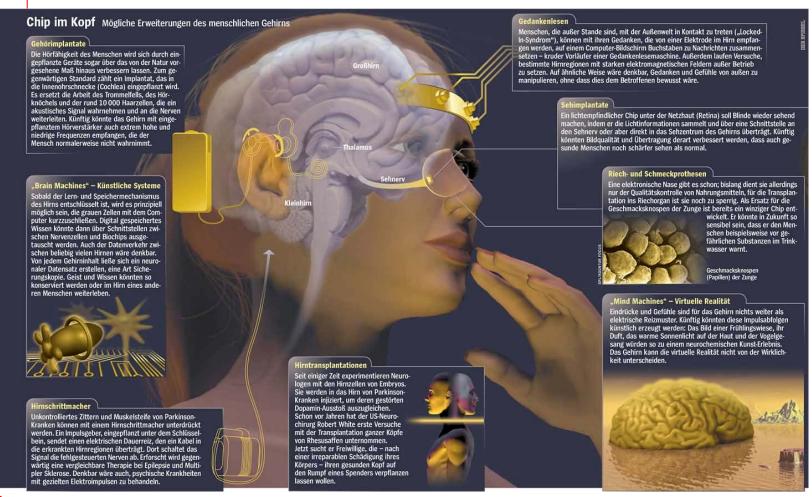
Quelle: smalltimes, News 26.11.03,

http://www.smalltimes.com/document_display.cfm?section_id=21&document_id=7003





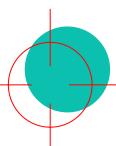
Ermöglicht NT den Cyborg?

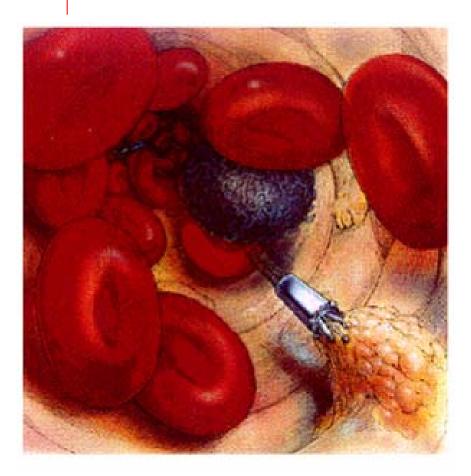


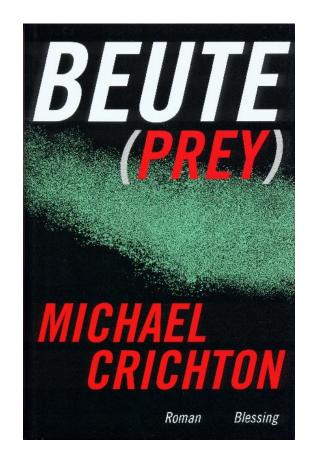
Quelle: Spiegel 19/2000















Debatte um die NT wird durch viele Akteure geprägt, die unterschiedliche Interessen verfolgen.

Wissenschaftler: Fördergelder, Achtung ihrer Arbeit,

haben meist eine positive Sicht auf Technik.

Politiker: gute Publicity, wollen technische Lösungen, (für pol.

Probleme)

Handlungsspielraum

Medien: Sensationen, bad news are good news, SciFi-Szenarios

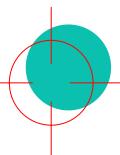
Wirtschaft: Bloß keine schlechten Nachrichten (GMO-Debatte),

zuverlässige Verfahren

NGO/anderer Interessenvertreter:

Greifen sich aus dem breiten Spektrum der NT Teile heraus, mit denen sie ihre Botschaften transportieren können.





breite Definition
viele verschiedene Akteure

Beides führt dazu, dass NT eine schillernde, rätselhafte Bedeutung bekommt bzw. schon bekommen hat.

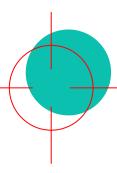
Wenn wir wissen wollen, was die NT ist, reicht es nicht aus, nur den technischen Aspekt zu betrachten.

Die Entwicklung einer Technologie findet im Wechselspiel zwischen gesellschaftlicher Sphäre (Kultur, Politik, Diskurs...) und Technosphäre statt.

Wie und ob überhaupt sich eine Technologie entwickelt hängt von der Art und Weise der Wechselwirkung beider Sphären miteinander ab.







Zusammenfassung:

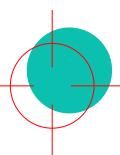
Es gibt nicht die eine Nanotechnologie. Es gibt viele verschiedene Ansätze.

Die herausragende Bedeutung, die ihr zugeschrieben wird, bekommt sie derzeit nicht von den bereits realisierten Produkten, sondern von den Möglichkeiten, die durch die ingenieurstechnische Erschließung des Bereiches zwischen ca. 1 und 100nm erwartet werden.
Gründe für diese Erwartungen sind ihre inhärente Interdisziplinarität (Physik, Chemie und Biologie kommen zusammen, Synergieeffekt) und das Hervortreten von Quantenphänomenen. (Weder Eigenschaften des Festkörpers, noch der einzelnen Atome und Moleküle)

Verständnis der NT und ihre zukünftigen Bedeutung kann nicht allein anhand der Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten verstanden werden, sondern nur unter Berücksichtigung ihres gesellschaftlichen Kontextes.







Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Ulrich Fiedeler, ulrich.fiedeler@itas.fzk.de



