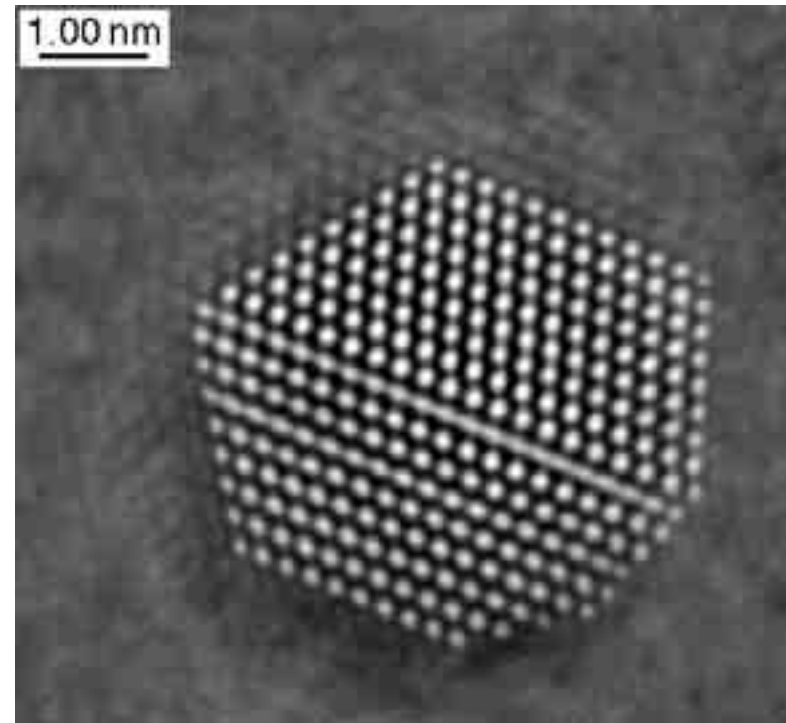


# Nanotechnik

## Die Technik des 21. Jahrhunderts

Niels Boeing, 6.5.2005



Quelle: INM, Saarbrücken

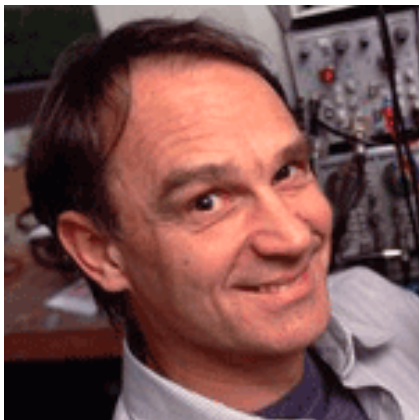
# Inhalt

- Was ist Nanotechnik?
- Das Vorbild der Natur
- Nanobausteine
- Nanowerkzeuge
- Einige Anwendungen der Nanotechnik  
Werkstoffe , Nanosensoren, Nanoelektronik,  
Nanosolarzellen, Nanobiotechnik, Nanomedizin
- Risikofelder der Nanotechnik



„In meinen Augen sprechen die Prinzipien der Physik nicht gegen die Möglichkeit, Dinge Atom für Atom zu manipulieren“

Richard Feynman, 1959



„Der Mensch ist in diesem Moment Zeitzeuge und Gestalter einer zweiten Genesis, einer grundlegend neuen Evolution materieller Strukturen“

Gerd Binnig, 2004

# Was ist Nanotechnik?

Alle technischen Verfahren, die gezielt Objekte oder **Strukturen von unter 100 Nanometern** Ausdehnung erzeugen oder nutzen

Durchmesser/ Breite in Nanometer	Objekt	Übliche Einheiten
3.476.000.000.000.000,0	Mond	3.476 km
33.000.000.000,0	Kugel des Berliner Fernsehturms	33 m
23.000.000,0	1-Euro-Stück	2,3 cm
50.000,0	Haar	50 $\mu$ m
130,0	PC-Prozessor-Leiterbahnen	130 nm
<b>50,0</b>	<b>Hepatitis-C-Virus</b>	<b>50 nm</b>
<b>20,0</b>	<b>Ribosom</b>	<b>20 nm</b>
<b>10,0</b>	<b>Quantenpunkt</b>	<b>10 nm</b>
<b>2,0</b>	<b>DNS-Molekül</b>	<b>2 nm</b>
<b>1,0</b>	<b>Nanotube (einwandig)</b>	<b>1 nm</b>
<b>0,1</b>	<b>Wasserstoff-Atom</b>	<b>1 Å</b>

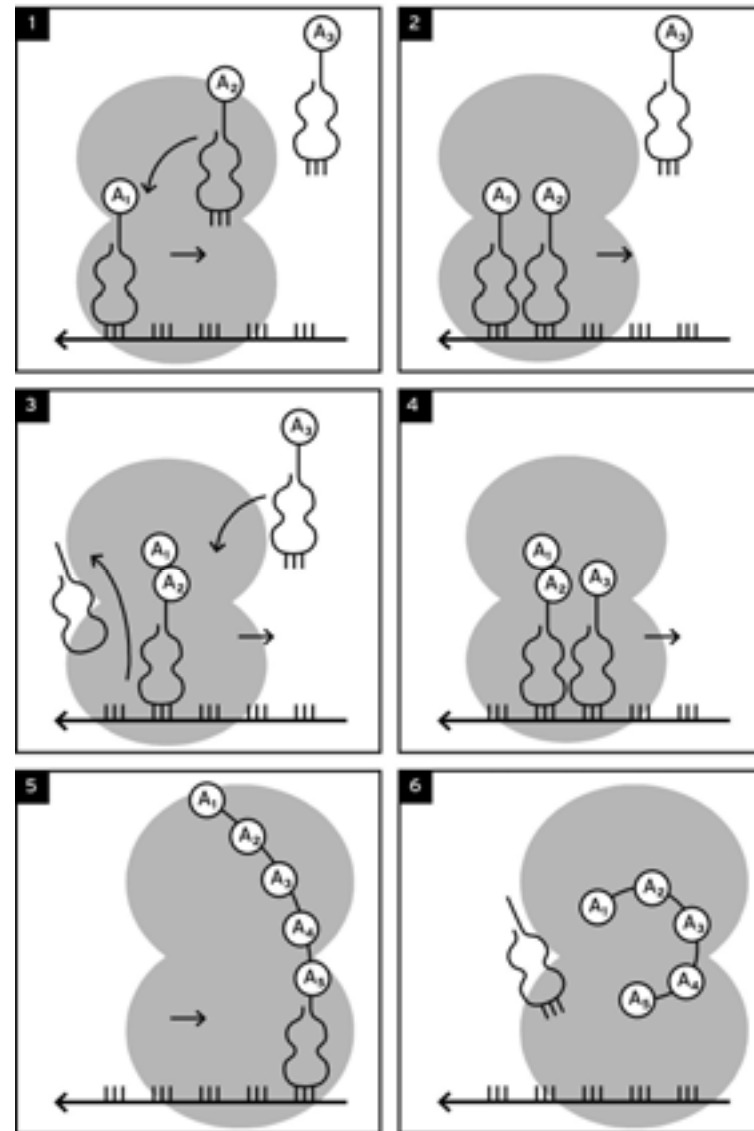
# Eckdaten der Nanotechnik

- 1959** Richard Feynman hält seine berühmte Rede
- 1974** Norio Taniguchi benutzt erstmals den Begriff
- 1981** Erfindung des Rastertunnelmikroskops
- 1985** Entdeckung der Buckyballs
- 1986** Erfindung des Kraftmikroskops; Assembler-Utopie
- 1989** Gezielte Verschiebung einzelner Atome
- 1991** Entdeckung der Nanotubes; Prototyp der Grätzelzelle; funktionale Schichten
- 1994** Erster Quantenpunkt-Laser
- 1997** Tumorbehandlung mit magnetischen Nanopartikeln
- 1998** Erster Nanotube-Transistor

# Das Vorbild der Natur

Das Ribosom:  $\varnothing$  20 nm  $\rightarrow$

Die Muschelschale:



Grafik: Phoebe Arms/Die Zeit, Daniel Sauthoff

# Nanobausteine

## Neue Moleküle

z.B. Kohlenstoff-Nanotubes, Buckyballs

## Nanopartikel

z.B. Titandioxid

## Nanostrukturen

z.B. Quantenpunkte

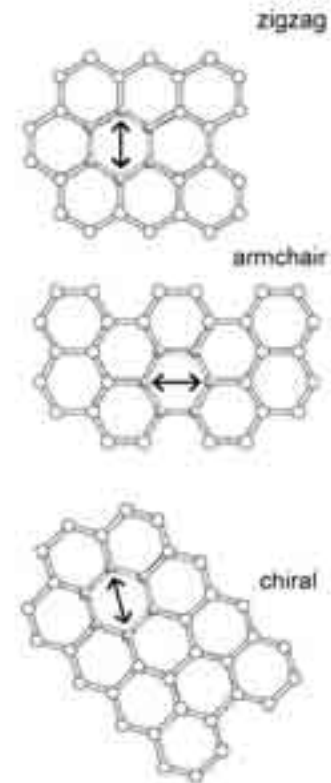
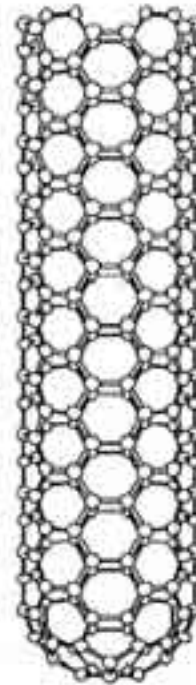
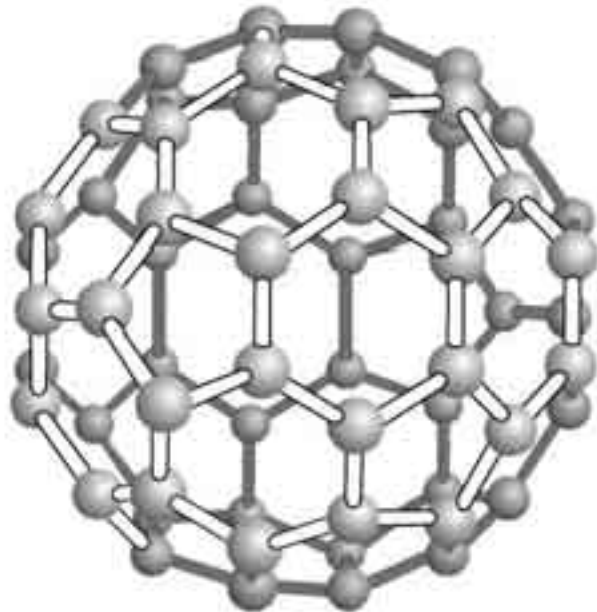
## Biomoleküle

z.B. DNA, RNA, Proteine

# Neue Moleküle

Z.B. Kohlenstoff:

Buckyball ( $C_{60}$ ) & Nanotube →



Grafik: Daniel Sauthoff



# Nano-Werkzeuge

## Neue „Mikroskope“

- z.B. Rastertunnelmikroskop (1981)
- z.B. Kraftmikroskop (1986)

## Lithographie-Techniken

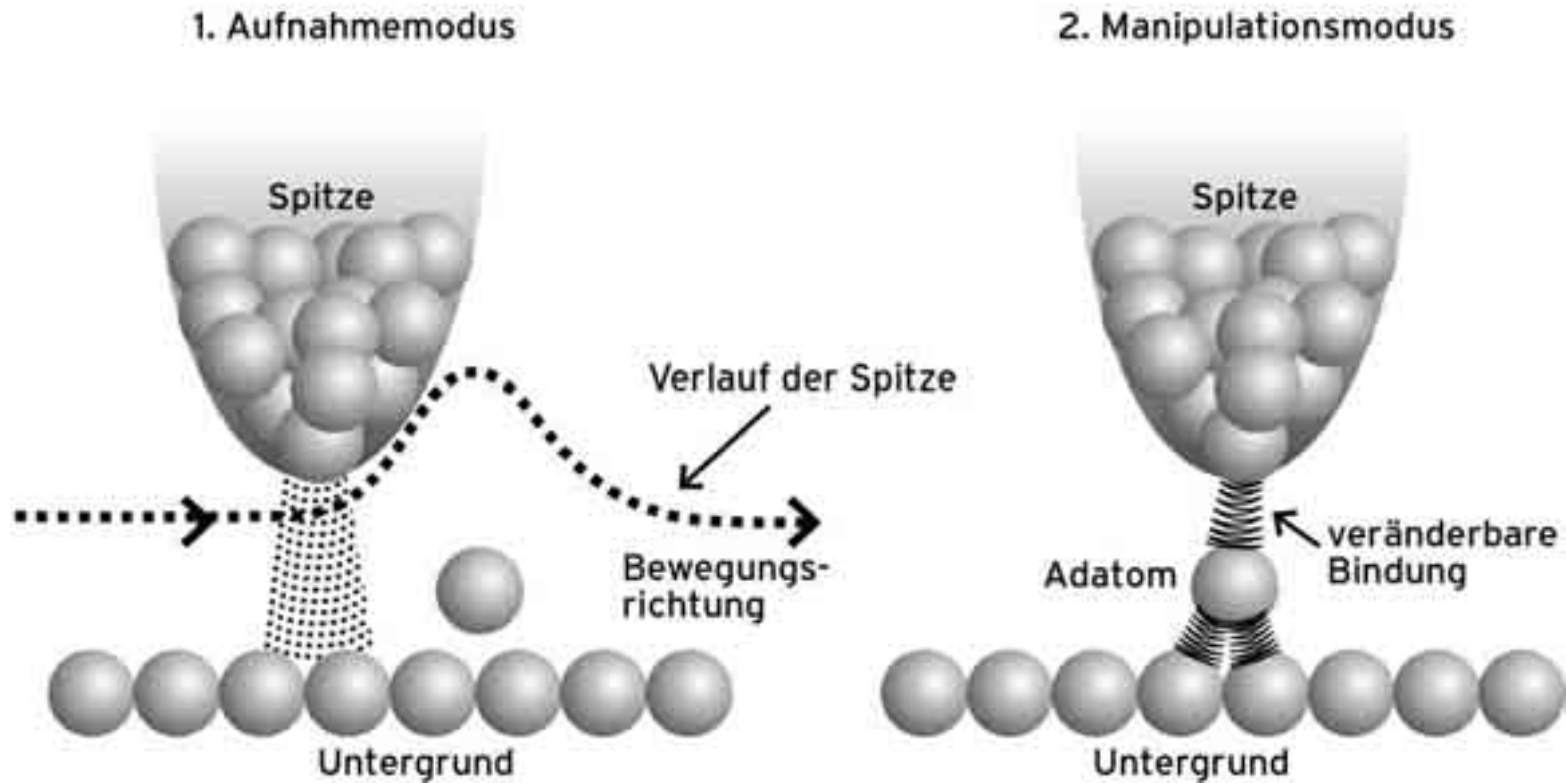
- z.B. EUV-Lithographie (1990er)

## Selbstorganisation

- z.B. Sol-Gel-Prozess (1930er)
- z.B. DNA-Synthese (1990er)

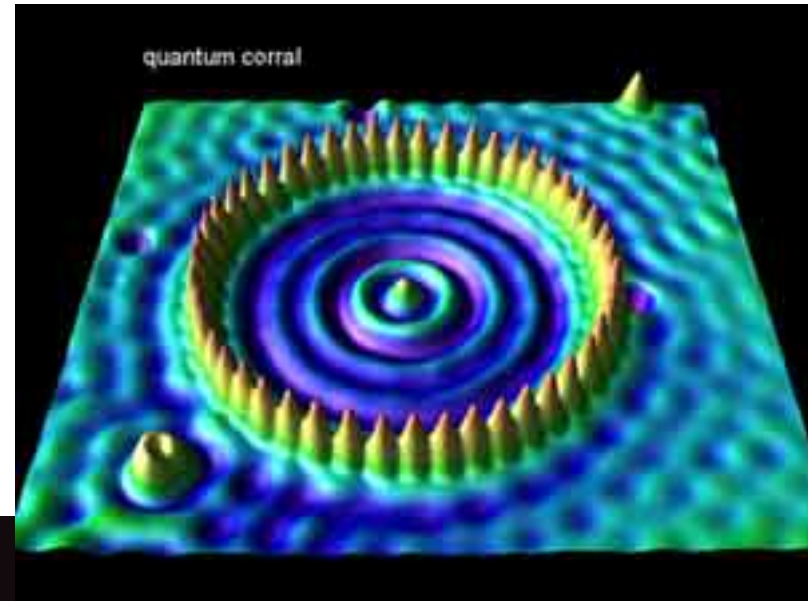
# Das Rastertunnelmikroskop

(1981)

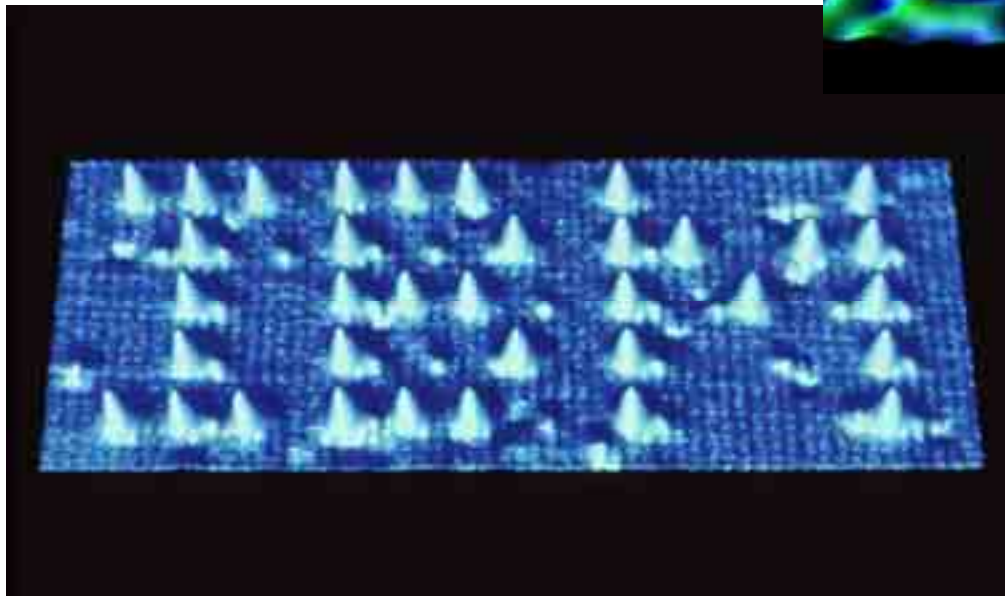


Grafik: Daniel Sauthoff

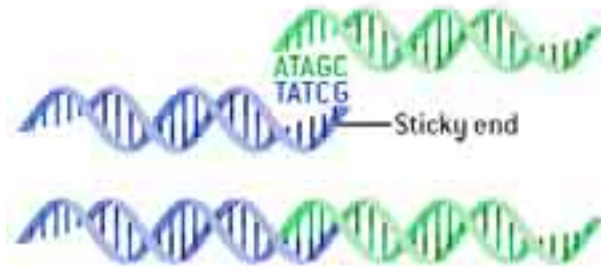
Eine weitere Zufalls-  
entdeckung 1989:  
Mit dem Rastertunnel-  
mikroskop kann man  
auch **Atome bewegen...**



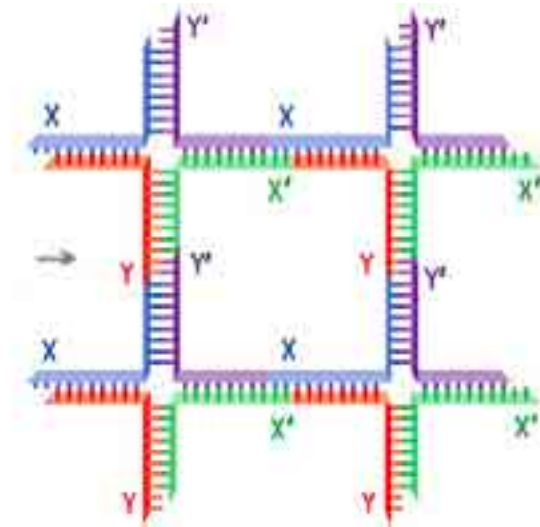
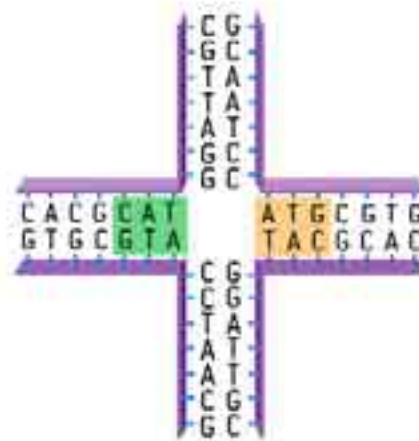
Quelle: IBM



# Self-Assembly mittels DNA



Quelle: Scientific American



Kurze DNA-Stränge werden z.B. zu Kreuzen verbunden („Holliday-Junction“), die als Baustein für ausgedehnte DNA-Gerüste dienen soll.

Geforscht wird hieran u.a. an der Columbia University New York und der Uni München.

# **Einige Anwendungen der Nanotechnik**

**Neue Materialien**

**Nanosensoren**

**Nanoelektronik**

**Nanosolarzellen**

**Nanomedizin**

# Nanotechnik im Alltag...

- 1 Displays aus organischen Leuchtdioden
- 2 Nanosolarzellfilm
- 3 Kratzfeste, selbstreinigende Fenster
- 4 Schmutzabweisende Textilien
- 5 Textilien, die Puls und Atmung messen
- 6 Stuhlrahmen aus Kohlenstoff-Nanotubes verstärktem Kunststoff
- 7 Künstliches Hüftgelenk aus biokompatiblen Nanomaterialien
- 8 Antirostlack mit Nanopartikeln
- 9 Thermochromes Glass zur Regulierung des Lichteinfalls



Quelle: New Scientist

- 10 Kompakter Datenspeicher aus Magnetschichten
- 11 Brennstoffzellen mit Kohlenstoff-Nanotubes
- 12 Nanotechnisch optimiertes Hörgerät-Implantat

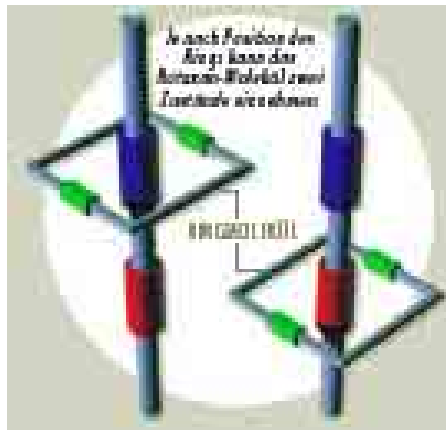
# Nanoelektronik

Die Transistorteile in den modernsten Chips haben eine Breite von 90 nm. Bei ca. 40 nm geht es mit heutigen Techniken nicht mehr kleiner. Mögliche Auswege:

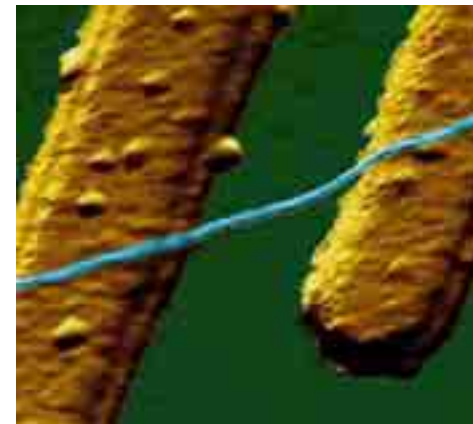
**1 „Millipede“**  
(IBM), Loch für ein Bit:  $\varnothing$  15 nm



**2 „Crossbar Latch“**, (Hewlett-Packard)



**3 Nanotube-Transistoren**



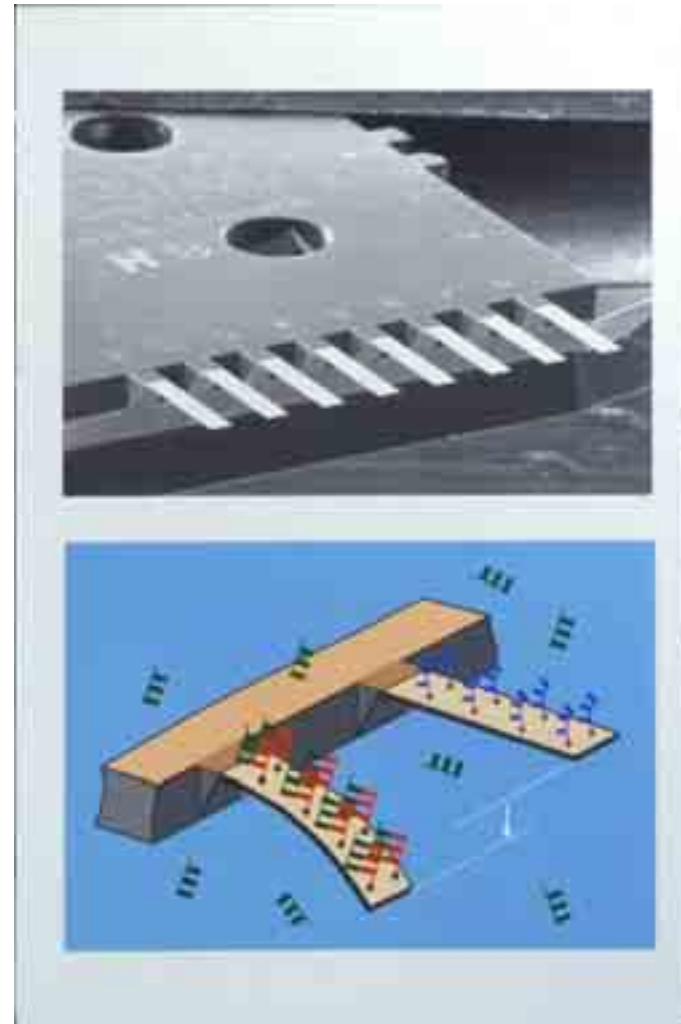


# Nanosensoren

Winzige Strukturen  
reagieren auf wenige  
Moleküle:

**1 Hebelchen** („Cantilever“)  
die sich ebenso für einen  
Cola-Test wie für medizi-  
nische Tests nutzen  
lassen (rechts)

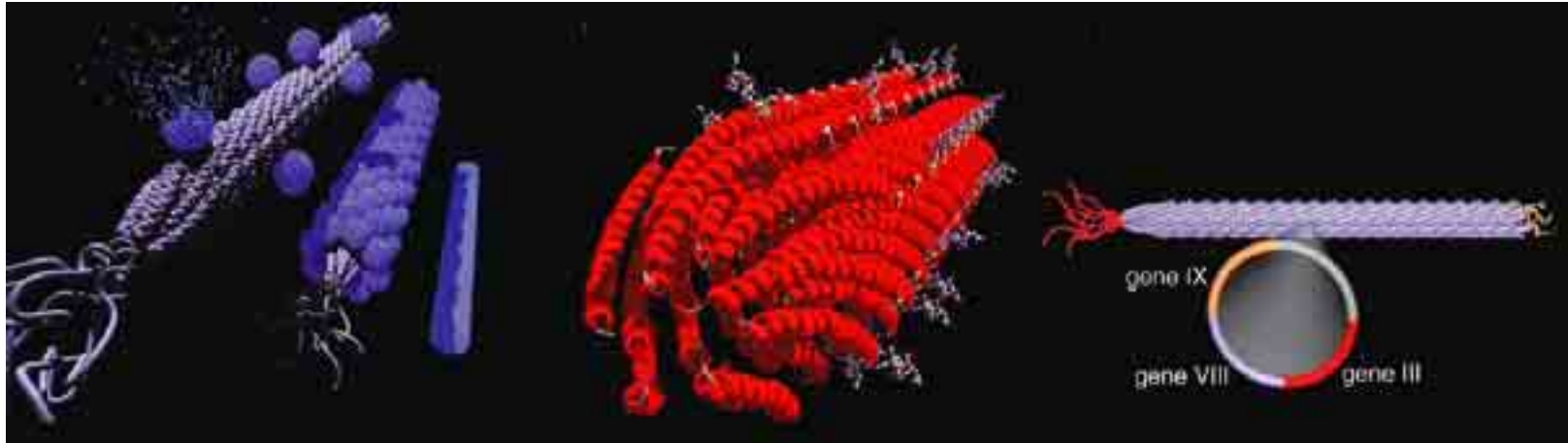
**2 „Quantenpunkte“** als B-  
Waffen-Detektoren



Quelle: IBM



# Nanobiotechnik: Viren als Drahtzieher



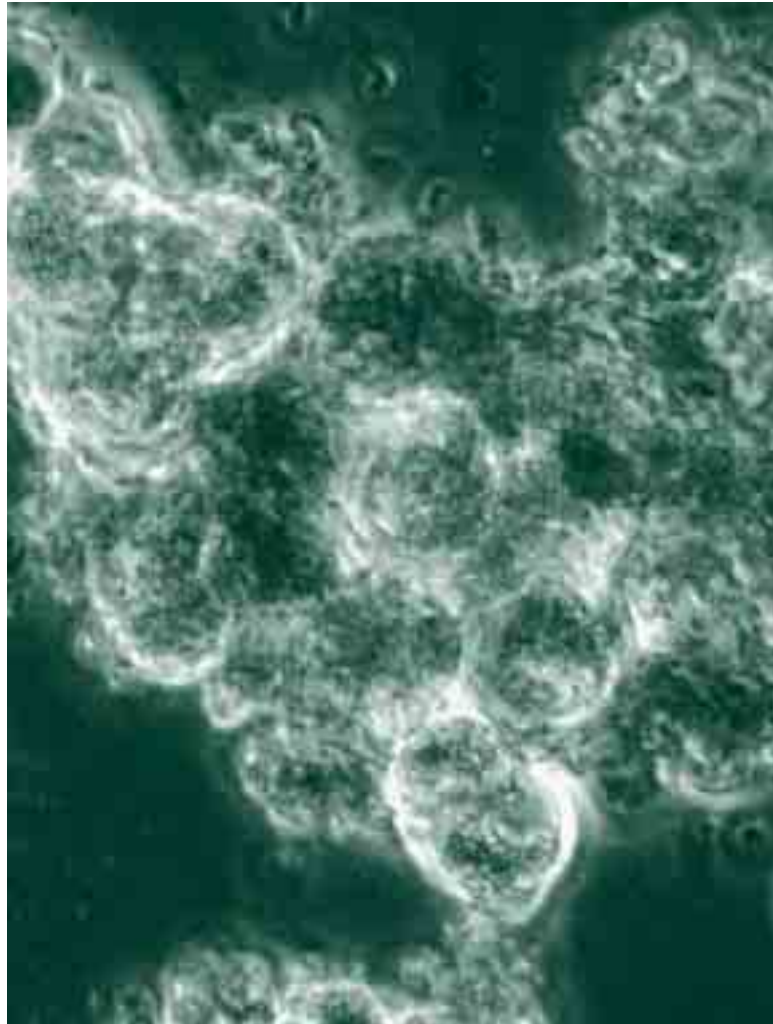
Quelle: Science

In dem von **Angela Belcher**, MIT, entwickelten Verfahren werden Viren (Bakteriophagen) genmanipuliert, so dass sie in ihrer Hülle Proteine ausbilden, an die sich Halbleiter anlagern.

# Nanomedizinische Therapien

Mit Biomolekülen umhüllte superparamagnetische Nanopartikel werden in Tumorzellen geschleust. Durch Einschalten eines Wechsellmagnetfeldes vibrieren sie. Die dadurch entstehende Wärme tötet die Zellen ab.

Dieses von **Andreas Jordan**, Charité Berlin, entwickelte Verfahren ist bereits in der klinischen Testphase.



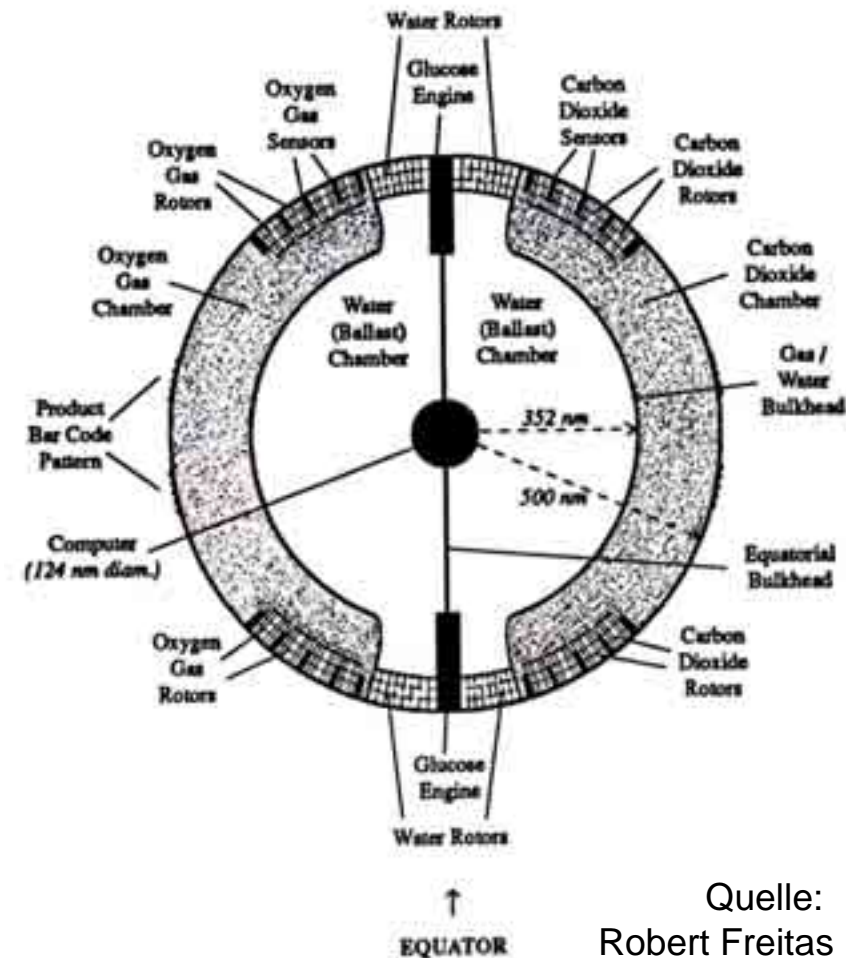
Quelle: Andreas Jordan, Charité

# Nanomedizinische Utopien

Künstliche Rote Blutkörperchen, „Respirozyten“

Durchmesser: 1  $\mu\text{m}$

Theoretischer Entwurf von **Robert Freitas** (1999)



Quelle:  
Robert Freitas

# Risikofelder der Nanotechnik

- 1. „niedere“ Nanotechnik**  
Nichtbiologische Werkstoffe und Verfahren zu ihrer Verarbeitung. *Risiko: Nanopartikel, Nanostäube*
- 2. „mittlere“ Nanotechnik**  
Biomoleküle und Verfahren zur Manipulation biologischer Systeme. *Risiko: Zellschäden, Infektionen*
- 3. „komplexe“ Nanotechnik**  
Nanomaschinen, Nanoassembler, Nanoreplikatoren. *Risiko: „Grey Goo“*

