

Präsentationsmaterialien

Reise in den Nanokosmos



- I. Wissenschaftlich-technische Grundlagen**
- II. Anwendungen, Produkte, Märkte**
- III. Gesellschaftliche und politische Aspekte**

Einleitung

Um **Wirtschaft, Beschäftigung und Qualifikation** in Deutschland voranzubringen, den **Nutzen** der Nanotechnologie für den Menschen zu sichern und **Nachwuchskräfte** zu gewinnen, ist es wichtig, auch in der Öffentlichkeit die **Chancen und Potenziale der Nanotechnologie** zu vermitteln.

Im Auftrag des Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) hat das VDI Technologiezentrum, einen dreiteiligen Foliensatz als **Präsentationsmaterial** für allgemeine Verwendungszwecke bereitgestellt, beispielsweise im **Unterricht**, in **Seminaren oder Vorträgen**. Zu den Folien haben Forschungseinrichtungen, Nanotechnologiekompetenzzentren und Nanotechnologie-Unternehmen beigetragen.

Die Folien sind für die **Vermittlung der Grundlagen der Nanotechnologie**, z.B. im Unterricht oder bei Präsentationen, gedacht und dürfen zu nicht kommerziellen Zwecken eingesetzt werden.

Überblick

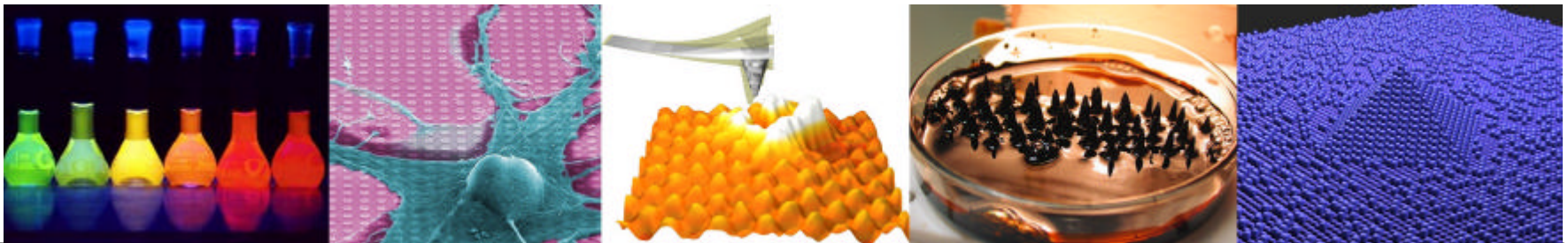
Präsentationsmaterialien Teil 1

Technisch-wissenschaftliche Aspekte der Nanotechnologie

Der Innovationsschub kommt aus dem Nanokosmos:

- Was ist Nanotechnologie?
- Grundlegende Strukturen, Phänomene und Prinzipien
- nanoanalytische Werkzeuge und nanotechnische Herstellungsverfahren

Reise in den Nanokosmos I: Wissenschaftlich-technische Grundlagen

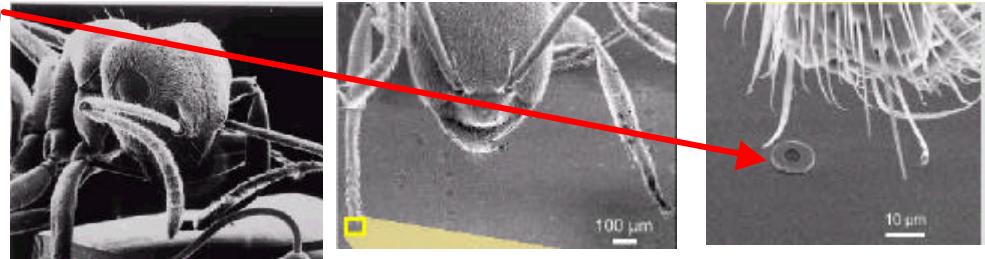


Bilder (v.l.n.r.): Institut für Physikalische Chemie - Universität Hamburg, MPI für Biochemie, Martinsried und Infineon Technologies AG, München, CC Nanoanalytik (HanseNanoTec), Degussa AG, CC NanOp (TU Berlin)

Reise in den Nanokosmos (1)

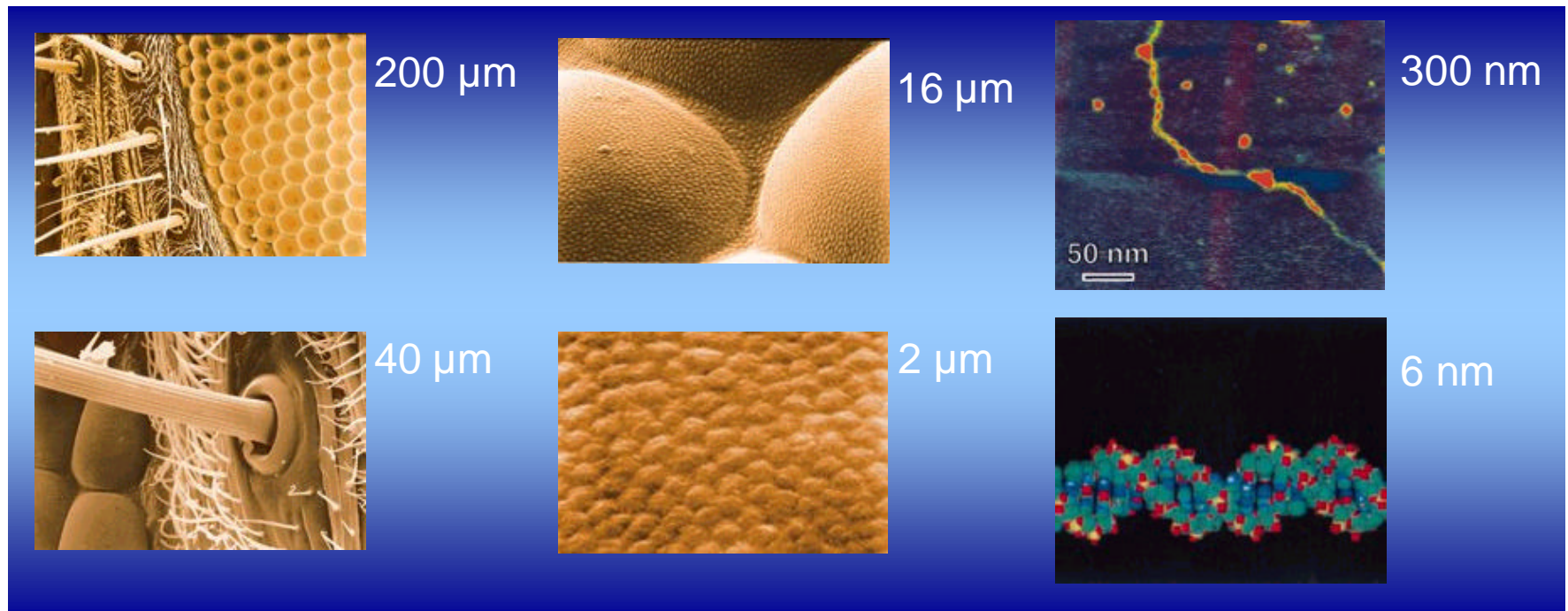
Reise in den Nanokosmos I: Wissenschaftlich-technische Grundlagen

Ameise und Diodenlaser (VCSEL)



Fliegenauge im Mikrokosmos
(200 μm bis 2 μm)

DNA im Nanokosmos (300 nm bis 6 nm)

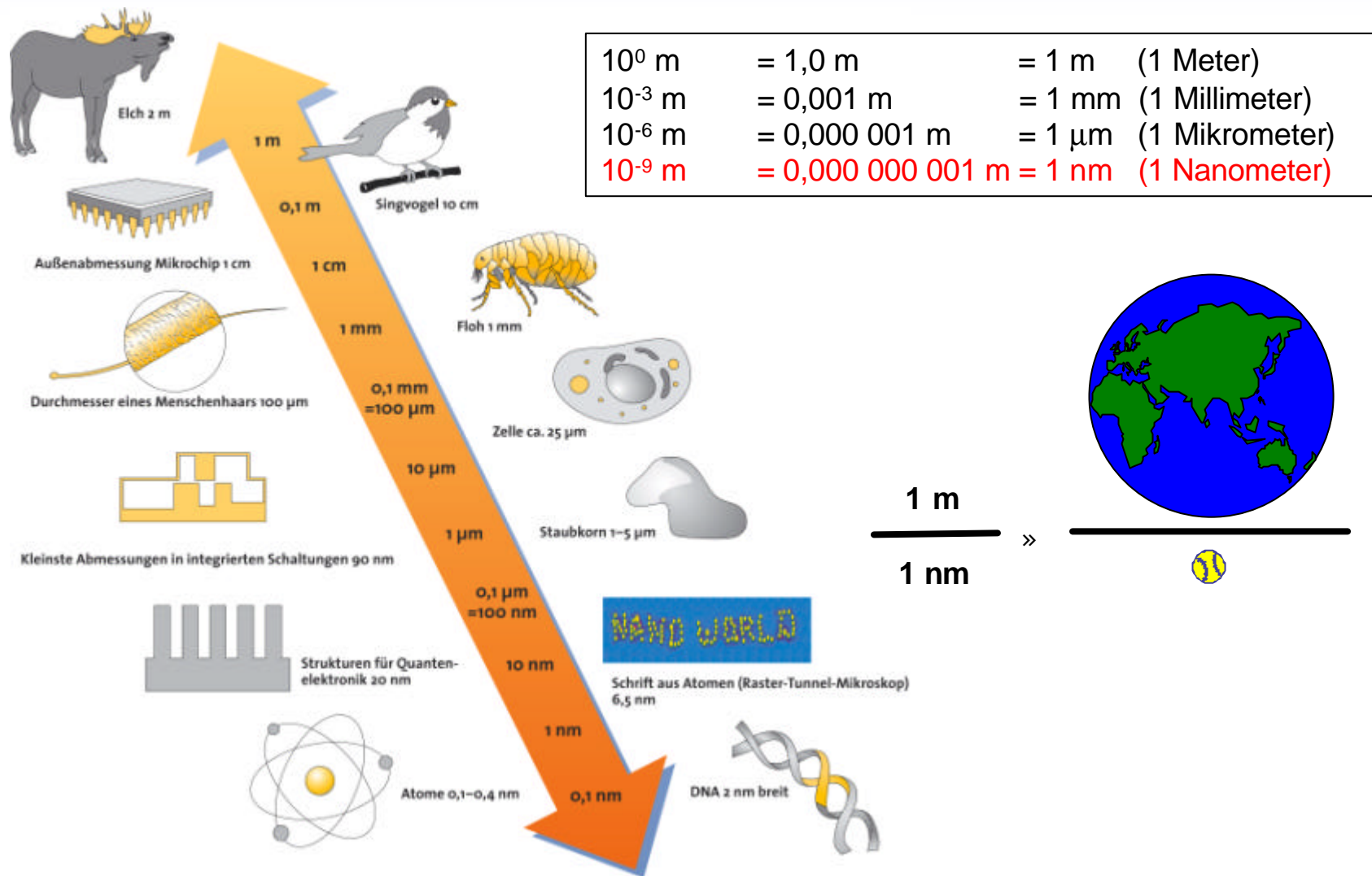


Bilder: Forschungszentrum Jülich, Institut für Physik - Universität Basel (DNS, 300nm), Institut für Organische Chemie - Universität Bonn (DNS, 6nm)

Reise in den Nanokosmos (2)

Größenverhältnisse

Reise in den Nanokosmos I: Wissenschaftlich-technische Grundlagen



10 ⁰ m	= 1,0 m	= 1 m	(1 Meter)
10 ⁻³ m	= 0,001 m	= 1 mm	(1 Millimeter)
10 ⁻⁶ m	= 0,000 001 m	= 1 μm	(1 Mikrometer)
10 ⁻⁹ m	= 0,000 000 001 m	= 1 nm	(1 Nanometer)

Als “Vater der Nanotechnologie” gilt Richard Feynman

1959: „There is plenty of room at the bottom“



- “Kleinheit“ ermöglicht neue Funktionalitäten
- Eroberung des Nanokosmos für technische Anwendungen

Drei wesentliche Eigenschaftsänderungen in der Nanowelt

Quantenmechanisches Verhalten

„Neue“ Technische Physik

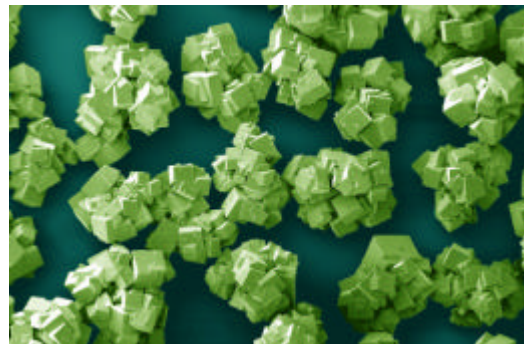
- durch Änderung von
- Farbe, Transparenz
 - Härte
 - Magnetismus
 - elektrischer Leitfähigkeit



Vergrößerte Oberfläche

„Neue“ Chemieprozesse

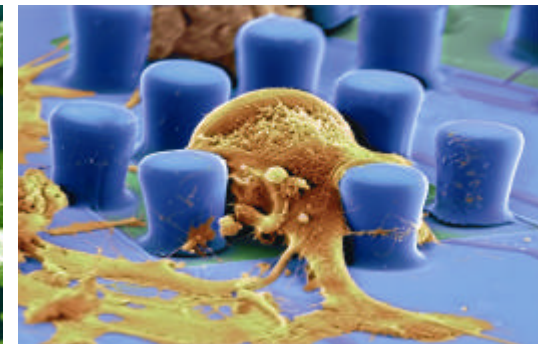
- durch Änderung von
- Schmelz- und Siedepunkt
 - chemischer Reaktivität
 - katalytischer Ausbeute



Molekulare Erkennung

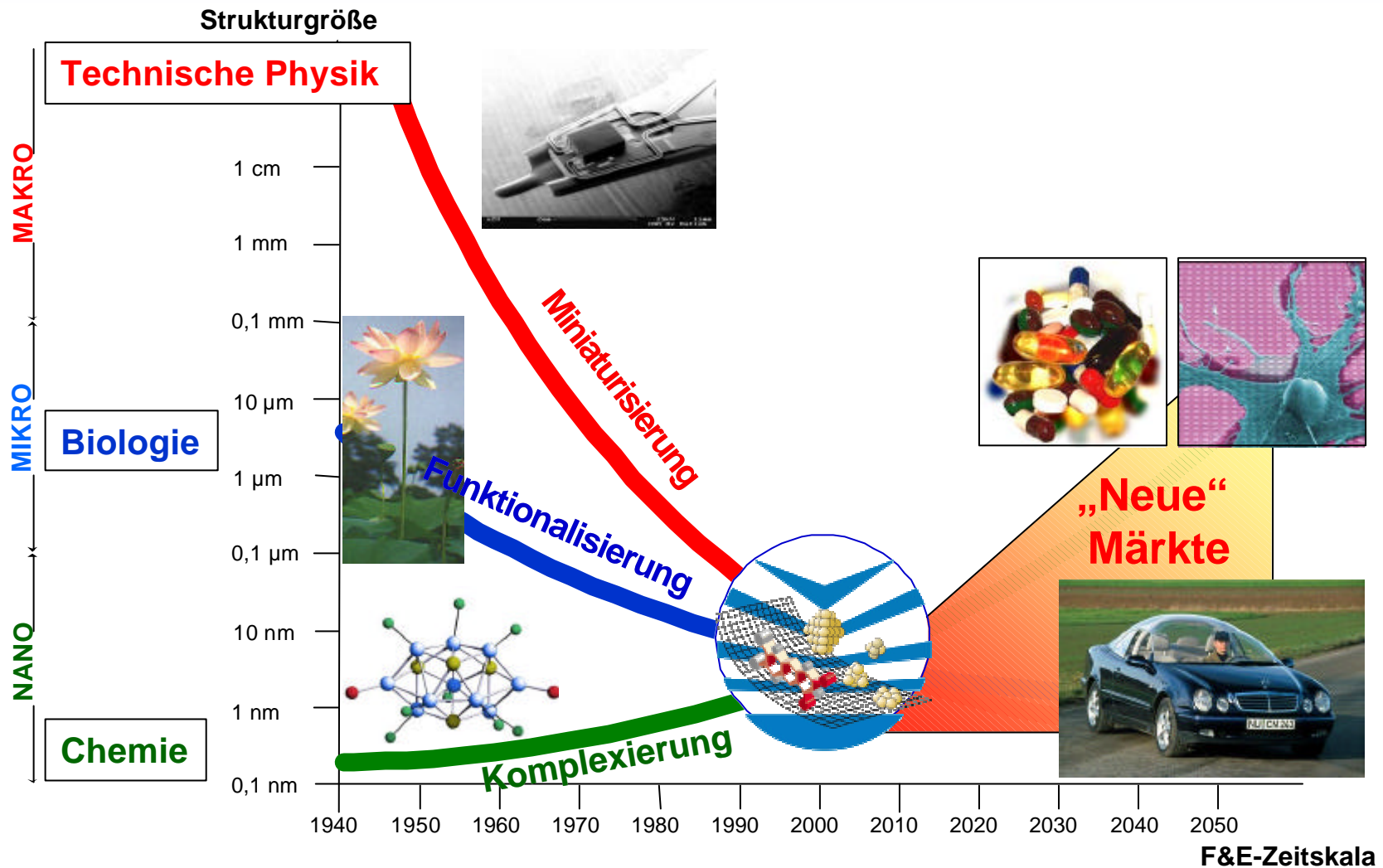
„Neue“ Bioanwendungen

- durch Kombination mit
- Selbstorganisation
 - Reparaturfähigkeit
 - Adaptionfähigkeit
 - Erkennungsfähigkeit



Treffpunkt Nanokosmos: Nanotechnologie erfordert Interdisziplinarität

Reise in den Nanokosmos I: Wissenschaftlich-technische Grundlagen



EINE INITIATIVE VON

Nanostrukturen

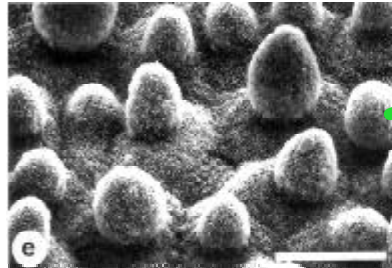
Lernen von der Natur: Lotus-Effekt^o-Oberflächen

Selbstreinigung der Lotus-Pflanze

Reise in den Nanokosmos I: Wissenschaftlich-technische Grundlagen

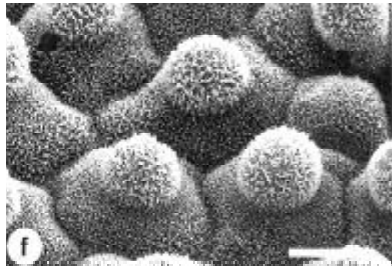


Lotus
Pflanze

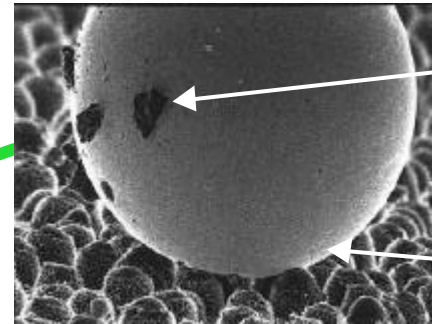


Beispiel aus
der Natur

Blattoberfläche

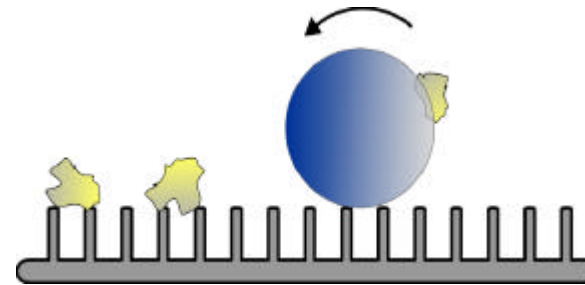


Künstliche
Strukturen

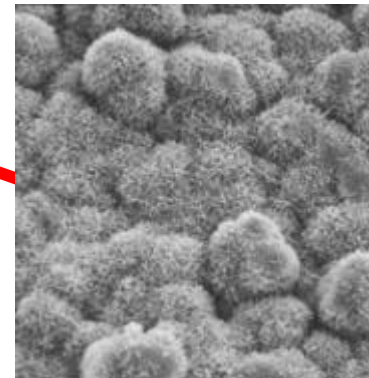


Tropfen nimmt
Staubteilchen auf

Extrem geringe
Benetzung



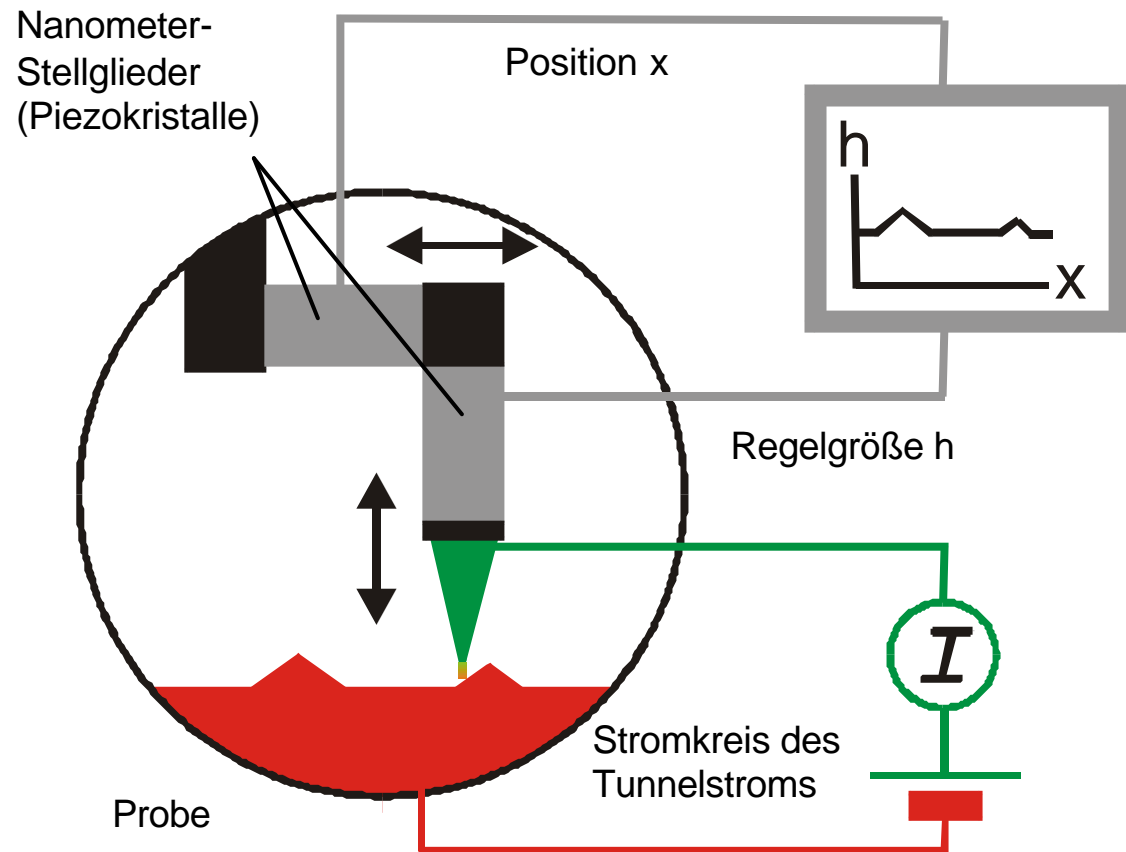
Nanostruktur



Künstlich strukturierte
Oberflächen, z.B.
galvanisch hergestellte,
metallische Kupferfolie,
überzogen mit feinsten
Nanonadeln

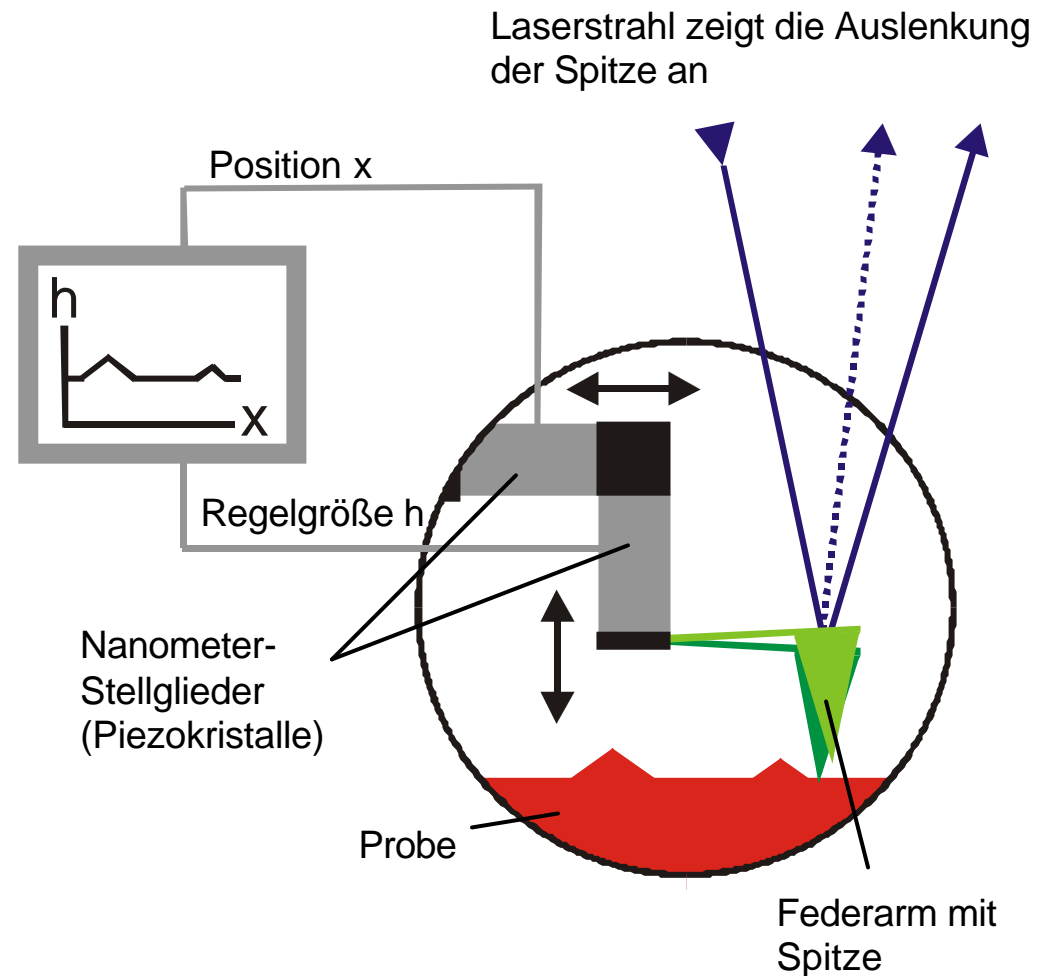
Prinzip des Rastertunnelmikroskops (Nobelpreis Binnig und Rohrer 1986)

- 1) Eine atomar feine Spitze rastert die Oberfläche der Probe ab.
- 2) Zwischen Spitze und Probe fließt ein konstanter Tunnelstrom:
 - Abstand zur Oberfläche wird nachgeregelt und konstant gehalten
 - Spitze folgt dem Höhenprofil



Prinzip des Rasterkraftmikroskops Kontaktmodus

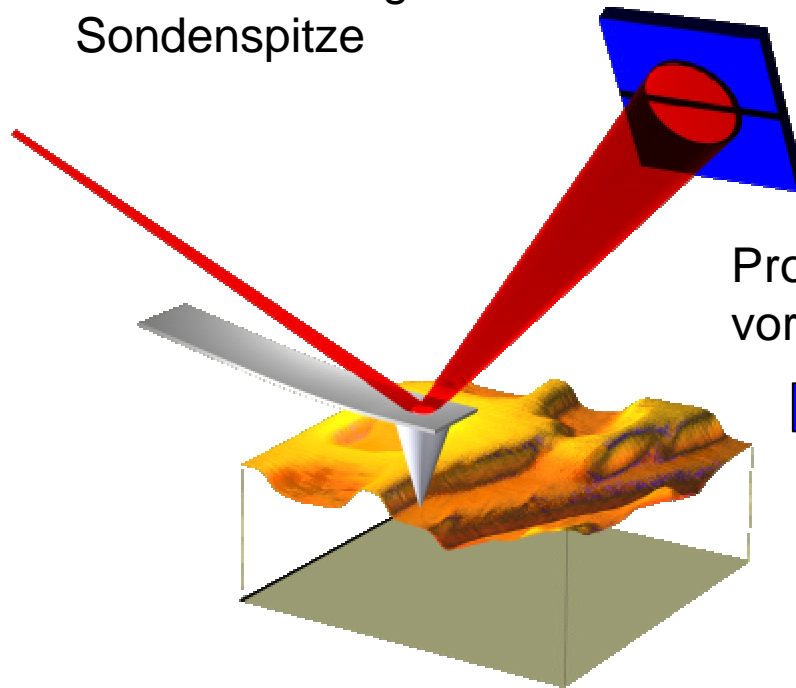
- 1) Eine atomar feine Spitze rastert die Oberfläche der Probe ab.
- 2) Ein Laserstrahl misst, wie weit die Spitze durch Kontakt mit der Probe abgelenkt wird:
 - Nachregelung des Haltearms der Spitze (Regelgröße h) für konstante Auslenkung
 - Spitze folgt dem Höhenprofil



Ein Rasterkraftmikroskop in Aktion

Reise in den Nanokosmos I: Wissenschaftlich-technische Grundlagen

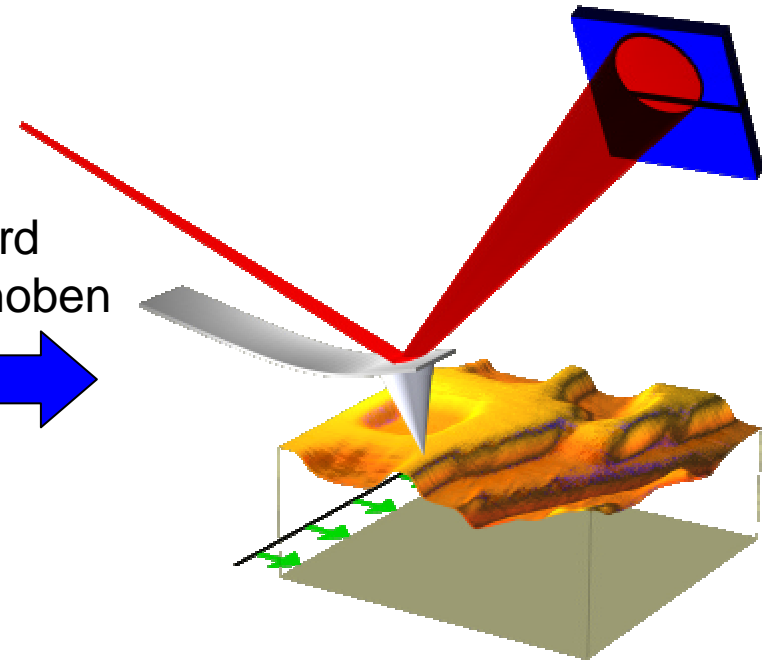
Laserstrahl zum Bestimmen
der Auslenkung der
Sondenspitze



Ausgangsposition des
Federarms

Der Laserstrahl wird abgelenkt

Probe wird
vorgeschoben



Die Rauigkeit der Probe lenkt den
Federarm aus.

Dynamische Rasterkraftmikroskopie (2)

Tapping Modus und Non-Contact-Modus

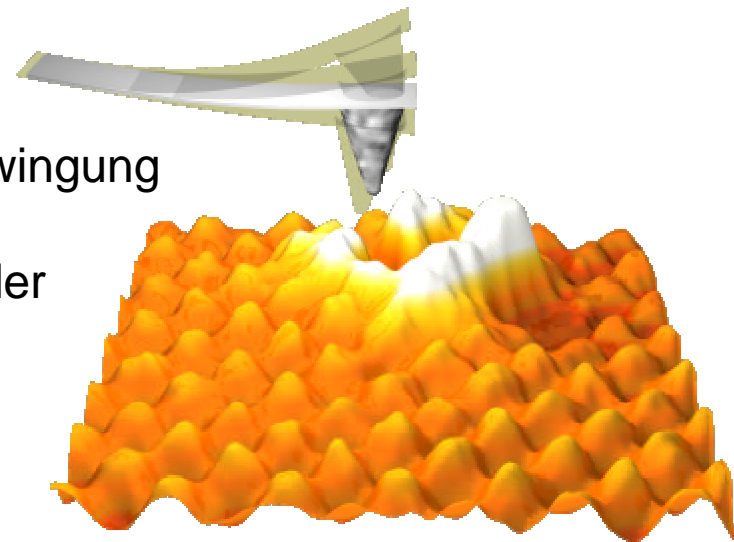
Die Sonde (Federarm) wird in Schwingungen versetzt. Die Wechselwirkung mit der Probenoberfläche verändert die Schwingungsfrequenz.

Tapping Mode (TM-AFM):

- Die Probenoberfläche wird bei jeder Schwingung kurz berührt.
- geringere Beschädigung der Probe und der Sonde, als im normalen Kontakt-Modus.

Non Contact Mode (NC-AFM), Berührungslose Rasterkraftmikroskopie

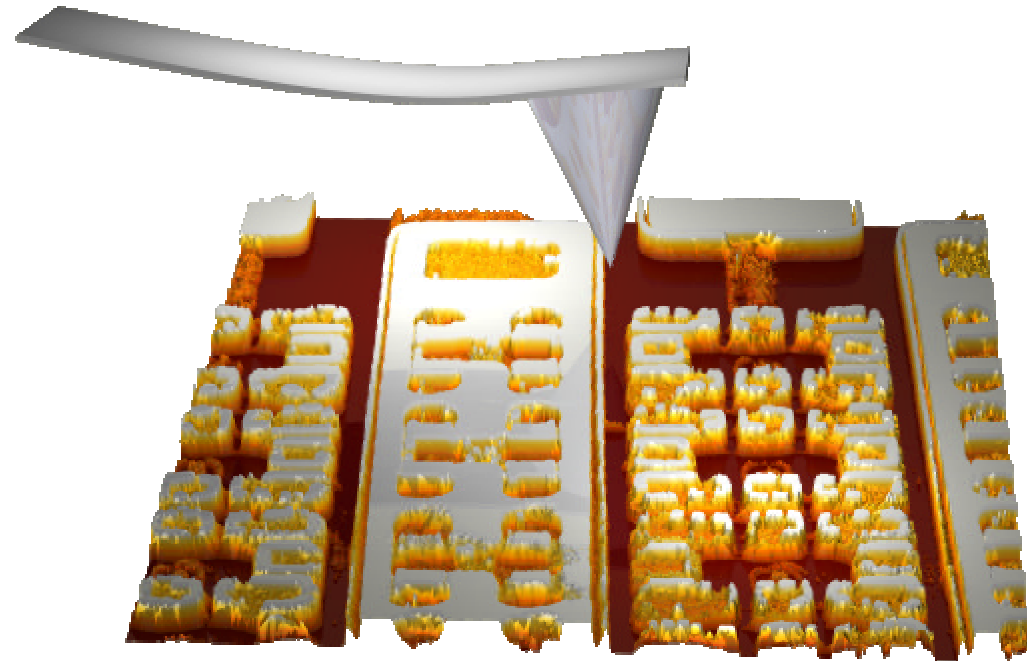
- *Van der Waals-Kräfte* bewirken eine Änderung der Schwingungsfrequenz, *bevor* die Sonde die Probe berührt
- zerstörungsfreies Messen mit atomarer Auflösung.



Rasterkapazitätsmikroskopie

Das Messen der Kapazität zwischen Probe und Sondenspitze erlaubt eine elektrische Charakterisierung der untersuchten Probe.

Diese Messmethode ist zum Beispiel für die Analyse von Computerchips von Bedeutung.

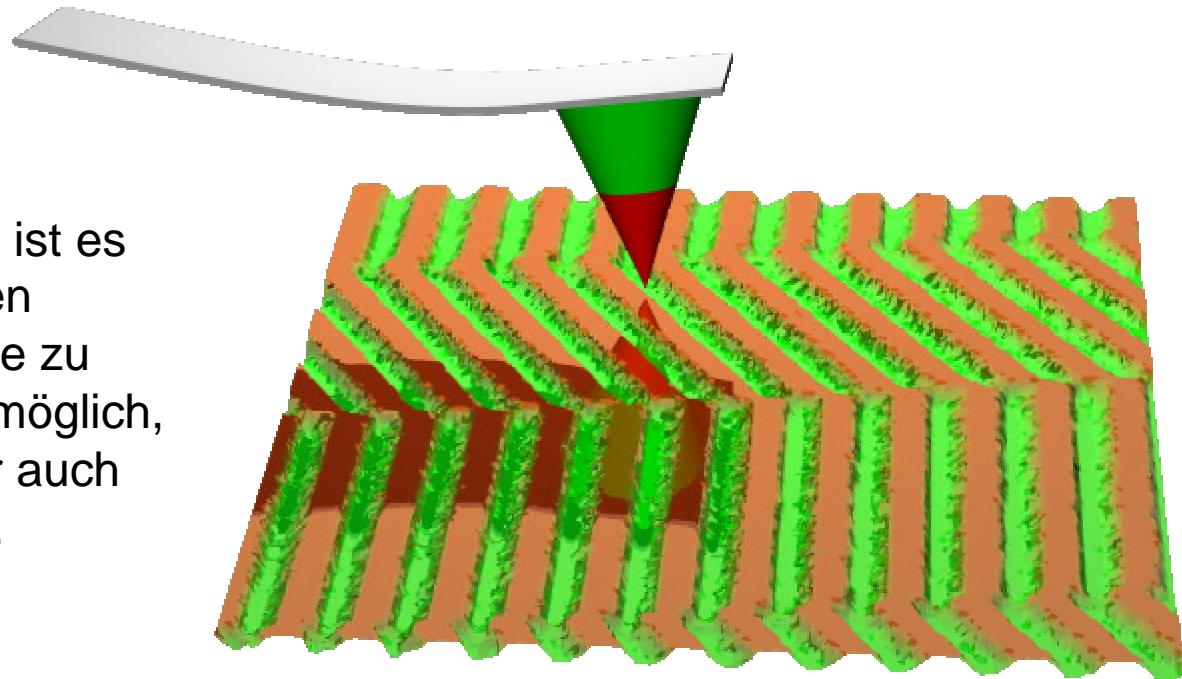


„Kapazitive Landschaft“ eines Computerchips

Magnetische Rasterkraftmikroskopie

Wird eine magnetische Sondenspitze verwendet, ist es möglich, die magnetischen Eigenschaften einer Probe zu vermessen. Dabei ist es möglich, die Spitze horizontal oder auch vertikal zu magnetisieren.

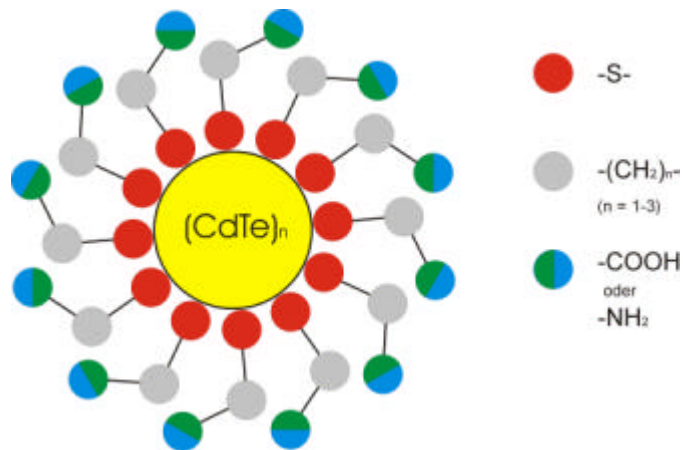
Die Magnetische Rasterkraftmikroskopie findet zum Beispiel bei der Entwicklung magnetischer Datenspeicher, wie Computerfestplatten, Verwendung.



„Magnetische Landschaft“ eines magnetischen Speicherbandes

Eigenschaften von Nanopartikeln unterschiedlicher Größe

Nanopartikel sind kleine Kristalle, die sich – je kleiner sie sind – mehr und mehr **wie ein Molekül** verhalten



Schema eines CdTe-Nanopartikels mit stabilisierender Hülle

CdSe-Nanopartikel in Lösung (1,5 - 4,0 nm)



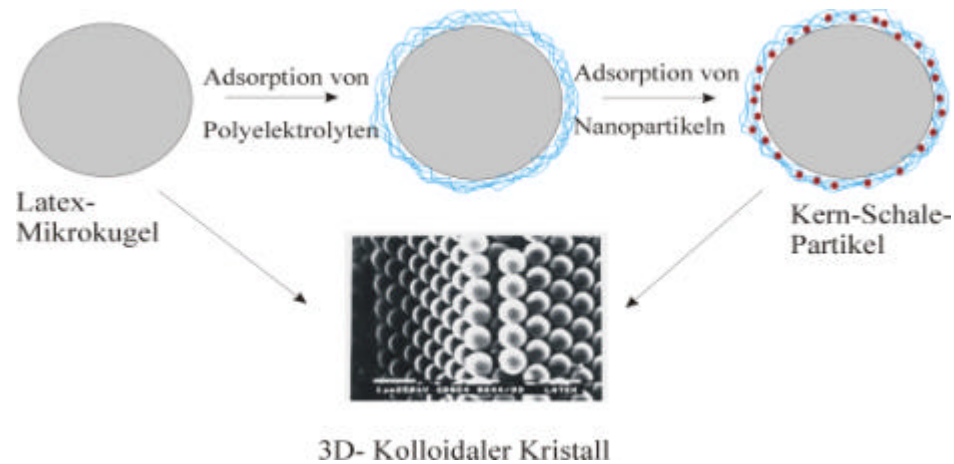
Fluoreszenz abhängig von Partikelgröße



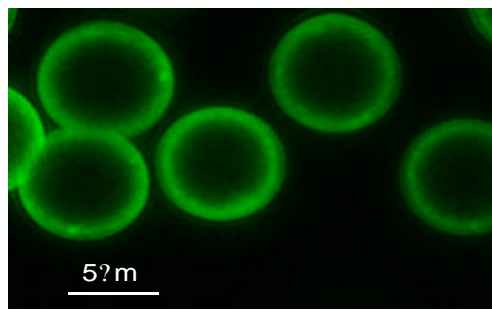
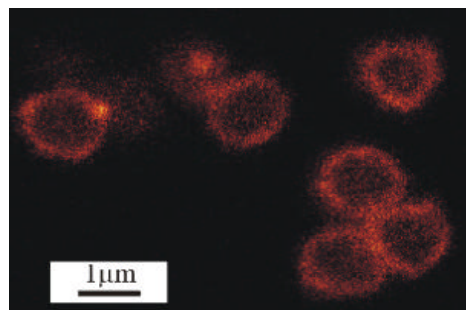
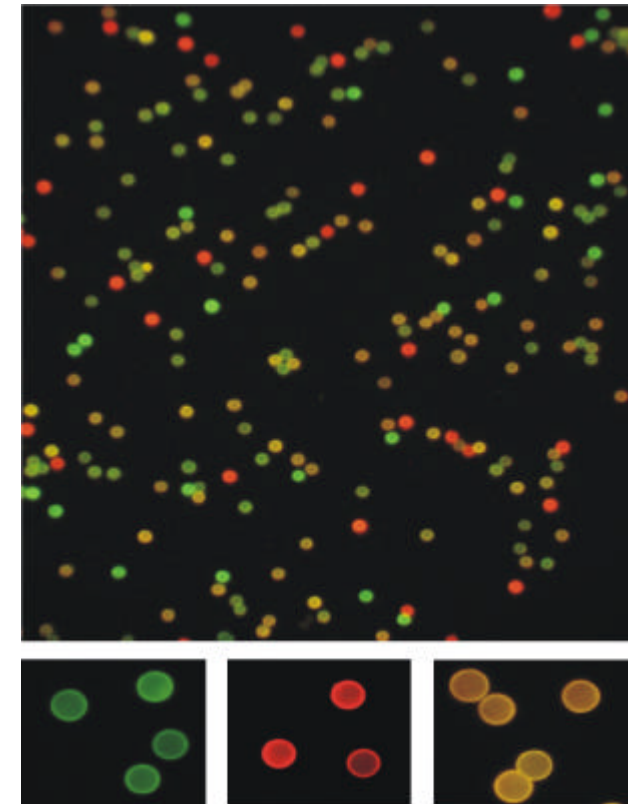
2 nm Partikelgröße 5 nm

Latex-Mikrokugeln mit Nanopartikeln beschichtet

Herstellungsprinzip:



Anwendung: Markierungen für Biochips

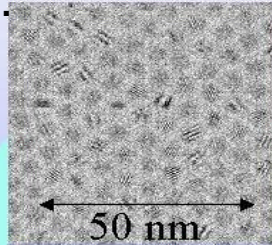
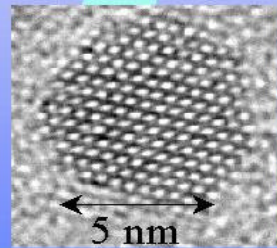


Kern-Schale-Mikropartikel: Latex-Kern mit Nano-Hülle (unterschiedlich große Nanopartikel)

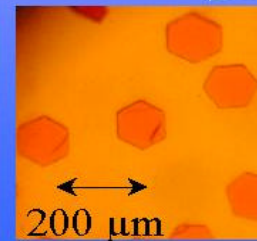
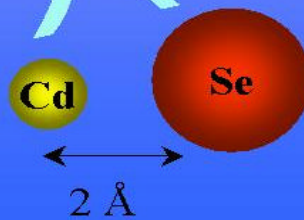
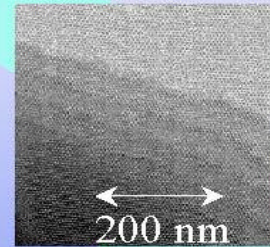
Überstrukturen aus Nanopartikeln: vom Atom zum Superkristall

Reise in den Nanokosmos I: Wissenschaftlich-technische Grundlagen

Cd- und Se-
Atome bilden
Nanopartikel, ...



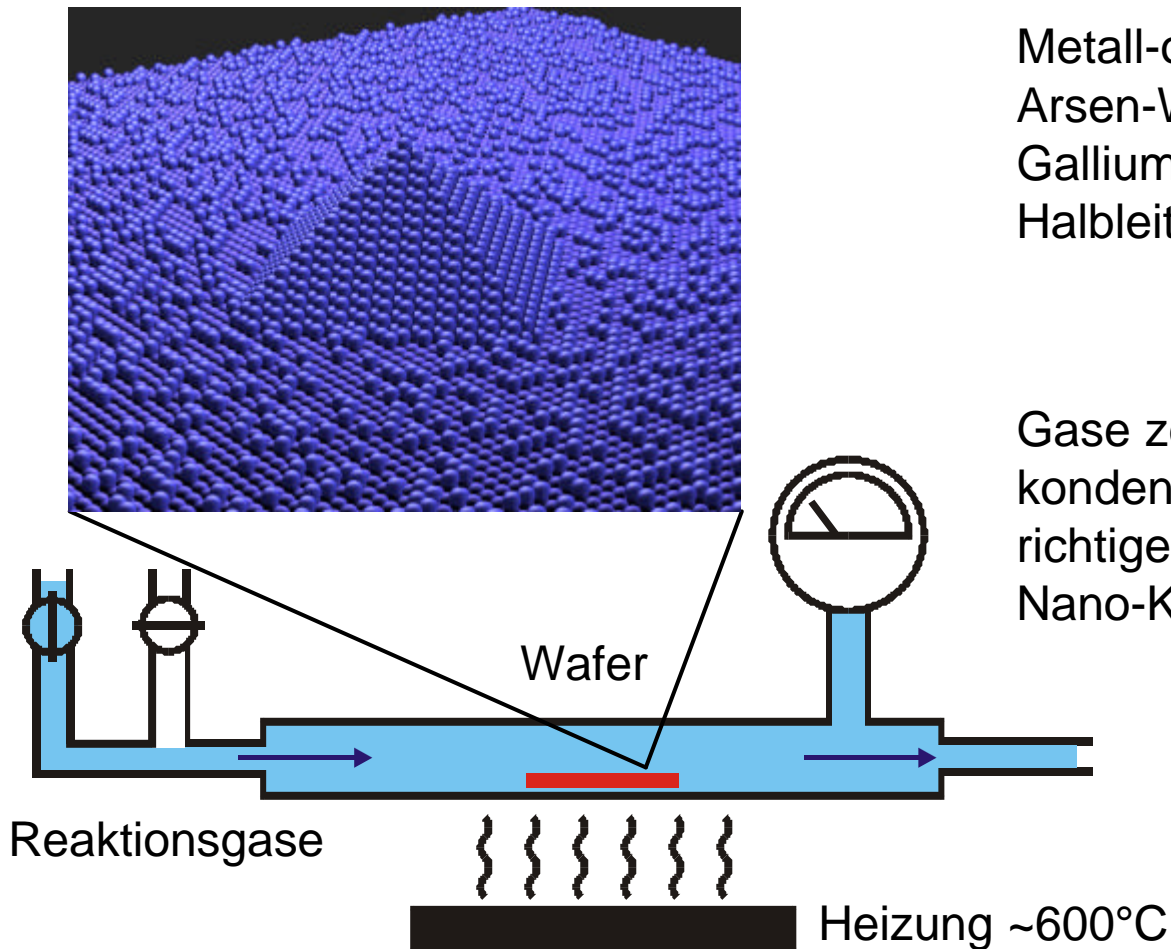
... die Nanopartikel ordnen
sich symmetrisch an ...



... und bilden
symmetrische
Kristalle

Herstellung von Quantenpunkten

Reise in den Nanokosmos I: Wissenschaftlich-technische Grundlagen



Metall-organische Gase (z.B. Arsen-Wasserstoff, Tri-Methyl-Gallium) werden über einen Halbleiter-Wafer geleitet

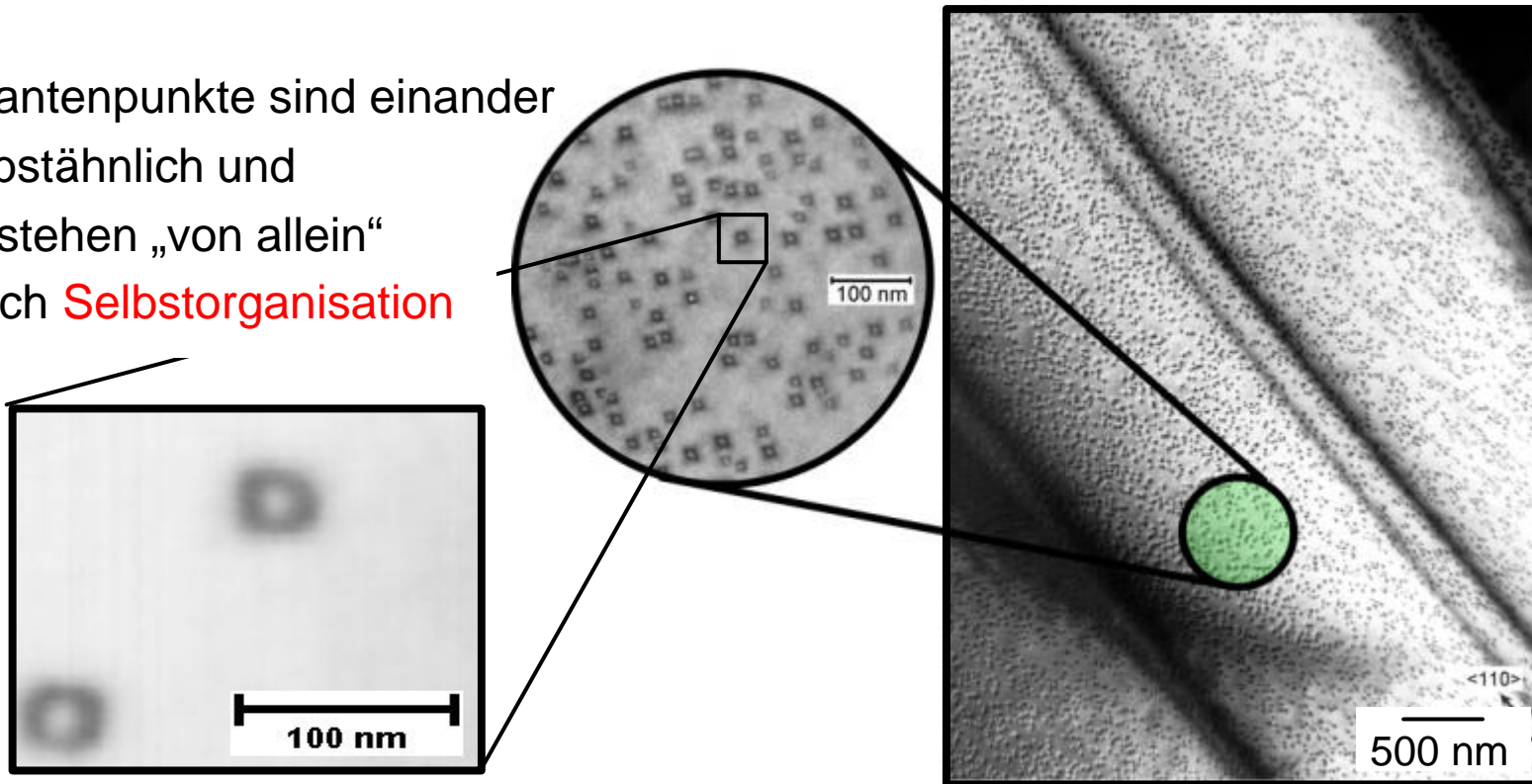
Gase zerfallen, Metallatome kondensieren und bilden (bei richtiger Temperatur und Druck) Nano-Kristalle:

Quantenpunkte durch **Selbstorganisation**

Nanopyramiden - selbstorganisierte Quantenpunkte aus Indium-Arsenid

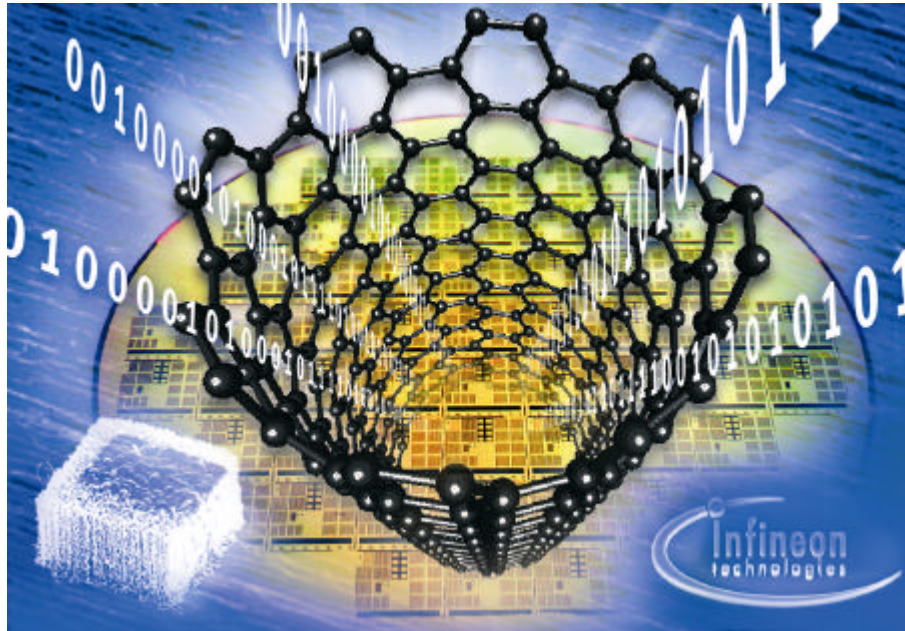
Reise in den Nanokosmos I: Wissenschaftlich-technische Grundlagen

Quantenpunkte sind einander selbstähnlich und entstehen „von allein“ durch **Selbstorganisation**



Transmissions-Elektronenmikroskop-Aufnahme eines Feldes von pyramidenartigen Quantenpunkten aus Indium-Arsenid

Eigenschaften und Anwendungspotenzial von Kohlenstoff-Nanoröhren (engl. Carbon-Nanotubes, CNT)



Eigenschaften:

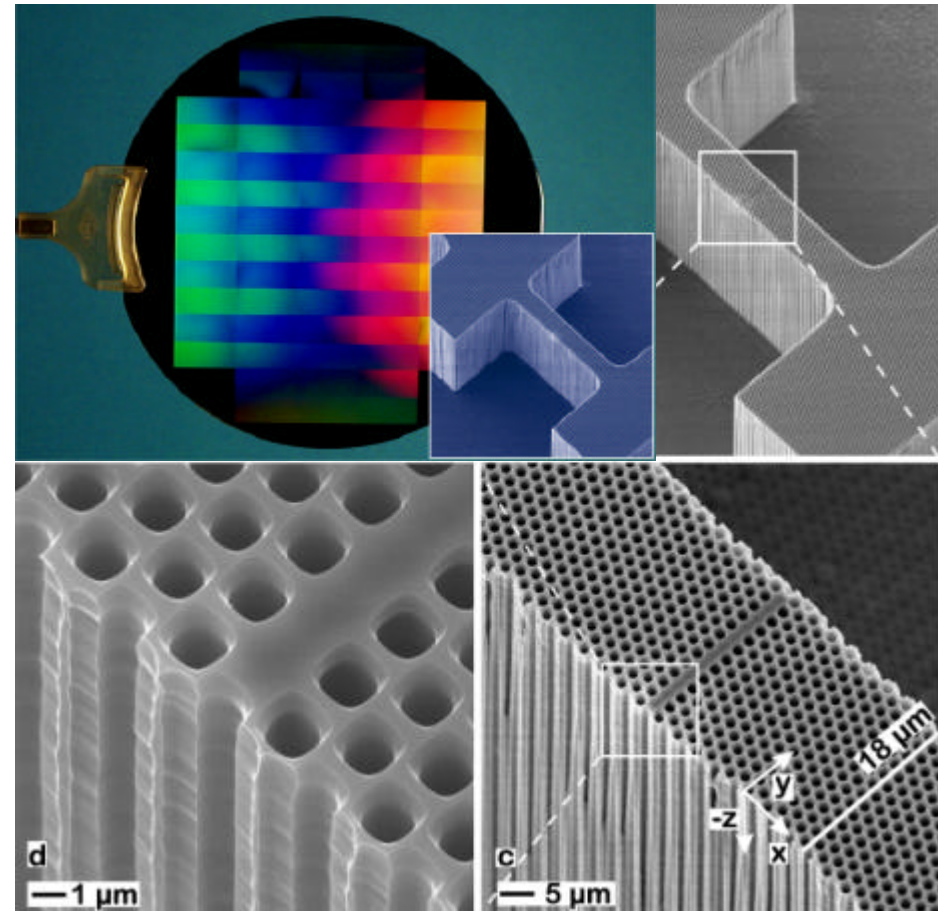
- Steifigkeit: 2000 x Diamant
- Druckfestigkeit: 2 x Kevlar
- Zugfestigkeit: 10 x Stahl
- hohe elektr. Leitfähigkeit

Anwendungspotenzial:

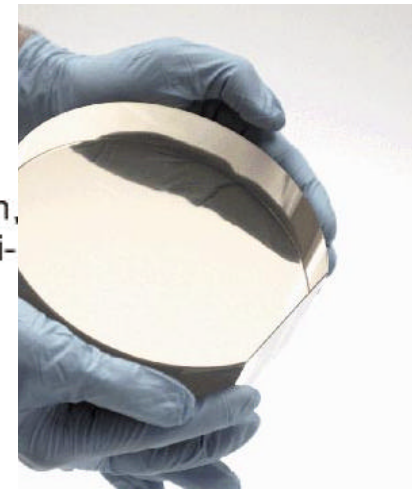
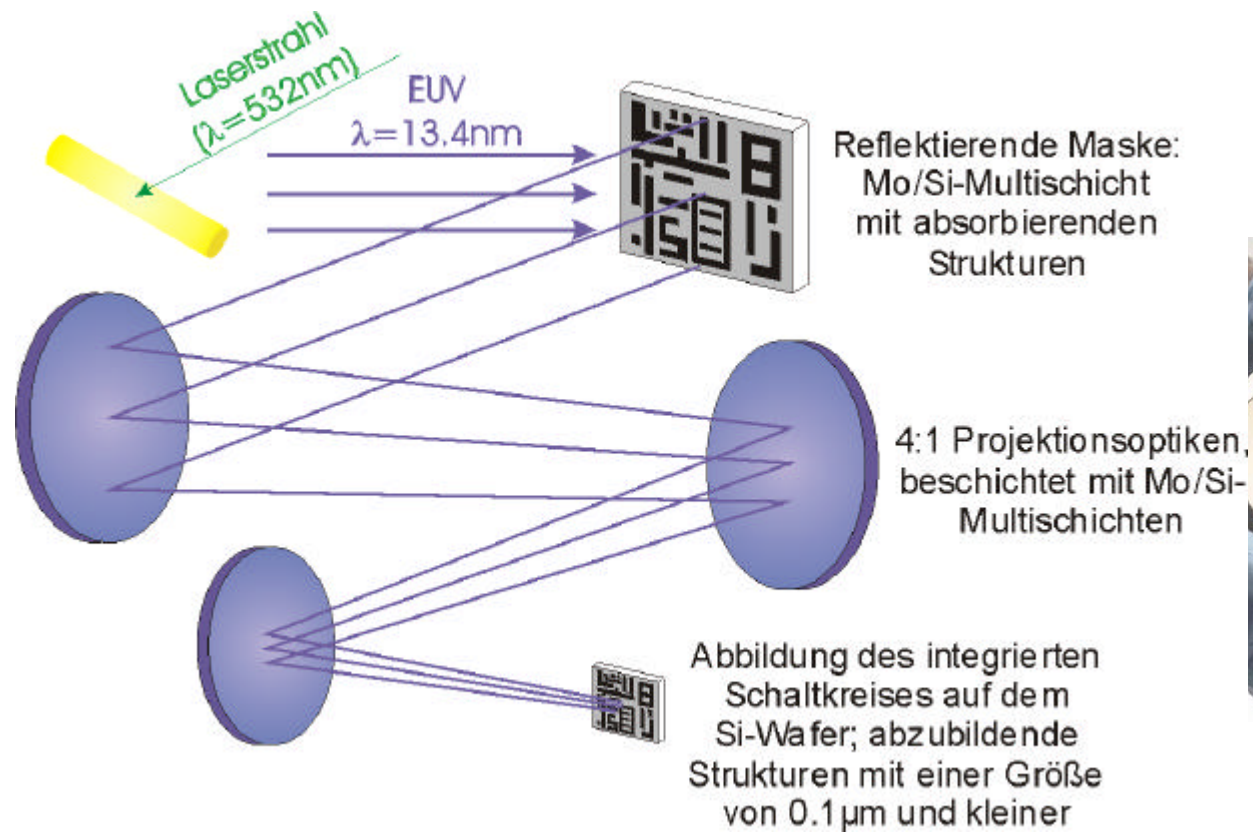
- Feldemissionsdisplays
- **CNT-Elektronik**
- Aktuatoren
- Verbundwerkstoffe
- (H₂ Speicherung), ...

Photonische Kristalle

- optisches Pendant zu einem elektronischen Halbleiter mit einer optischen Bandlücke in einem definierten Wellenlängenbereich
- können wegen ihrer besonderen Mikrostruktur Lichtstrahlen lenken.
- Anwendungsgebiet: z.B. Optoelektronik, Lichtwellenleiter, ...



Grundprinzip der (Extrem)-UV-Lithografie (EUVL)

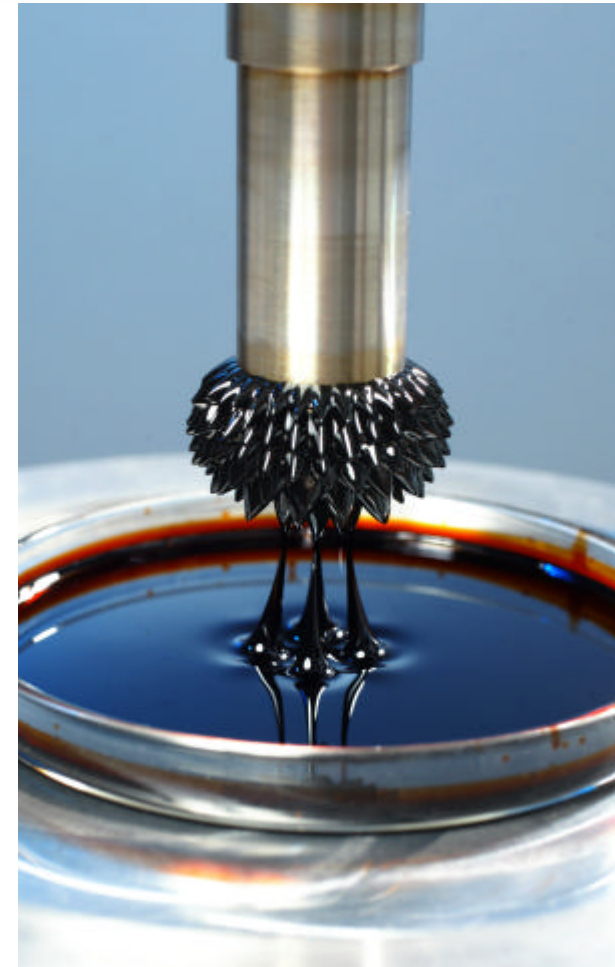
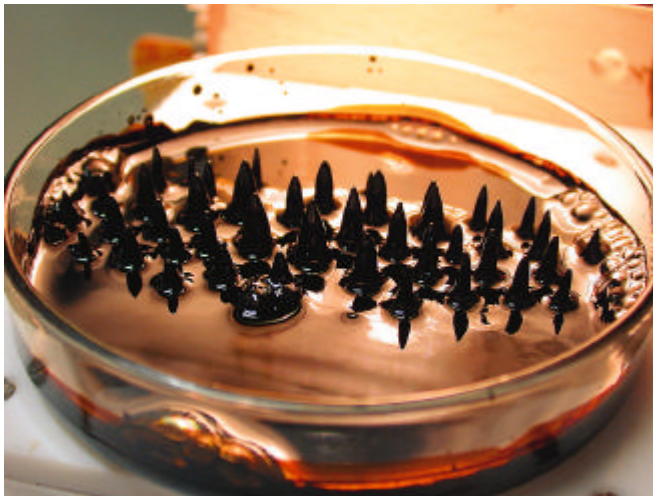


Flüssigkeiten mit magnetischen Nanopartikeln (Ferrofluide)

Stabilisierung der Nanopartikel durch Grenzflächen aktive Stoffe (Tenside)

Anwendungsgebiete:

- Schmierstoffersatz in Getrieben
- Dichtungen
- Stoßdämpfer
- ...

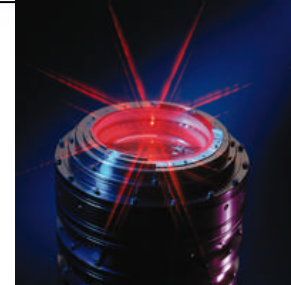


Formbildung im Magnetfeld

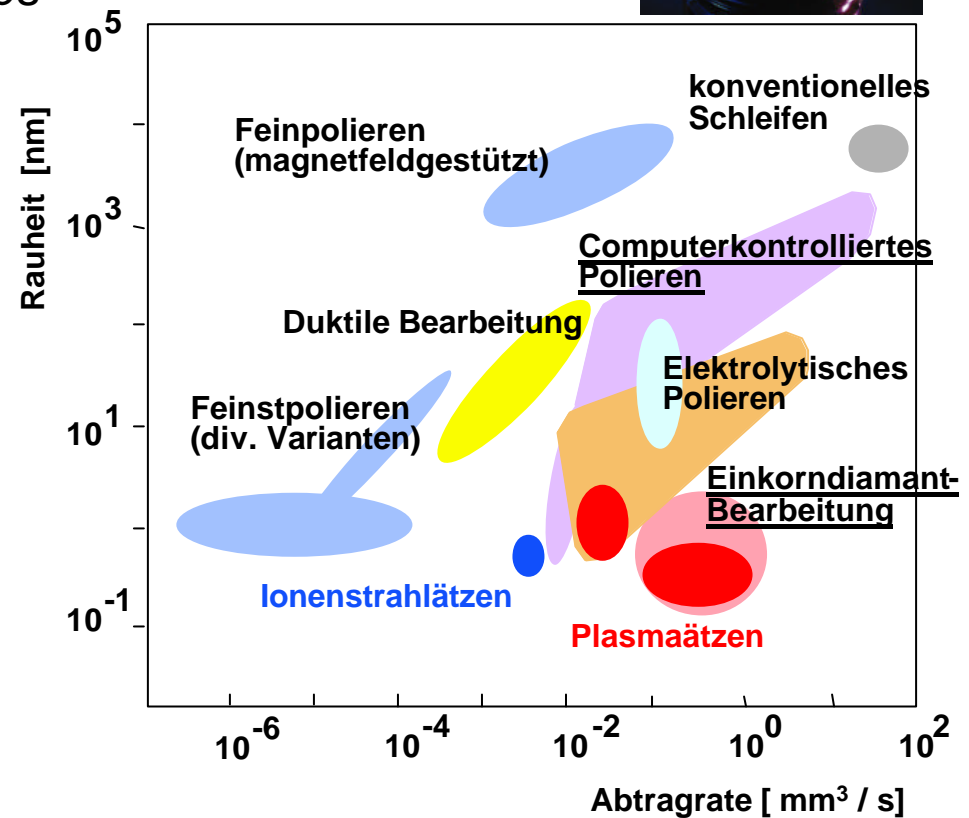
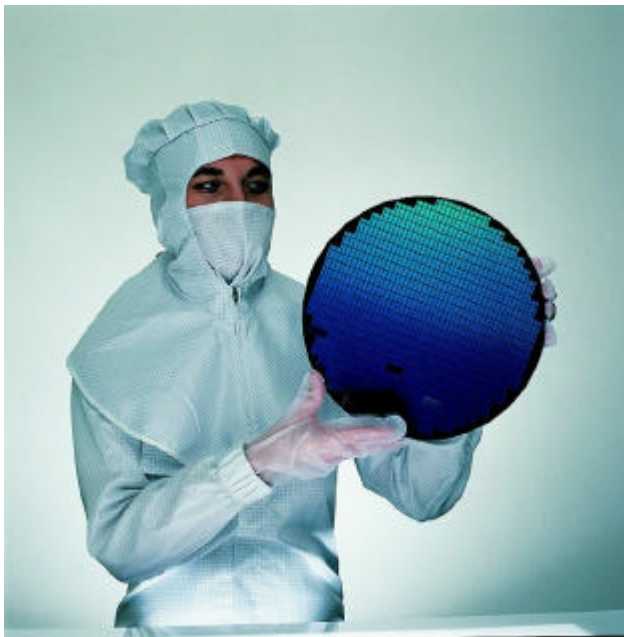
Ultrapräzise Oberflächenbearbeitung

Beispiele aus der Optik und Elektronik

- optische Oberflächen (Linsen, Prismen etc.)
- Geräteentwicklung für die sub-100nm-Lithografie
- ultraglatte Wafer für Siliziumchips
- Nanostrukturierung
- Weltraumforschung, ...



Reise in den Nanokosmos I: Wissenschaftlich-technische Grundlagen



Quelle: CC UPOB
Diagramm frei nach I.F.Stowers, R.Komanduri und E.D.Baird (1988)
Bilder: Infineon Technologies AG, München (l.u.), Carl Zeiss AG, Obercochen(r.o.)

Riesen-Magnetowiderstand in ultradünnen Schichten (Giant Magneto-resistance, GMR-Effekt)

Prinzip des GMR-Effektes:

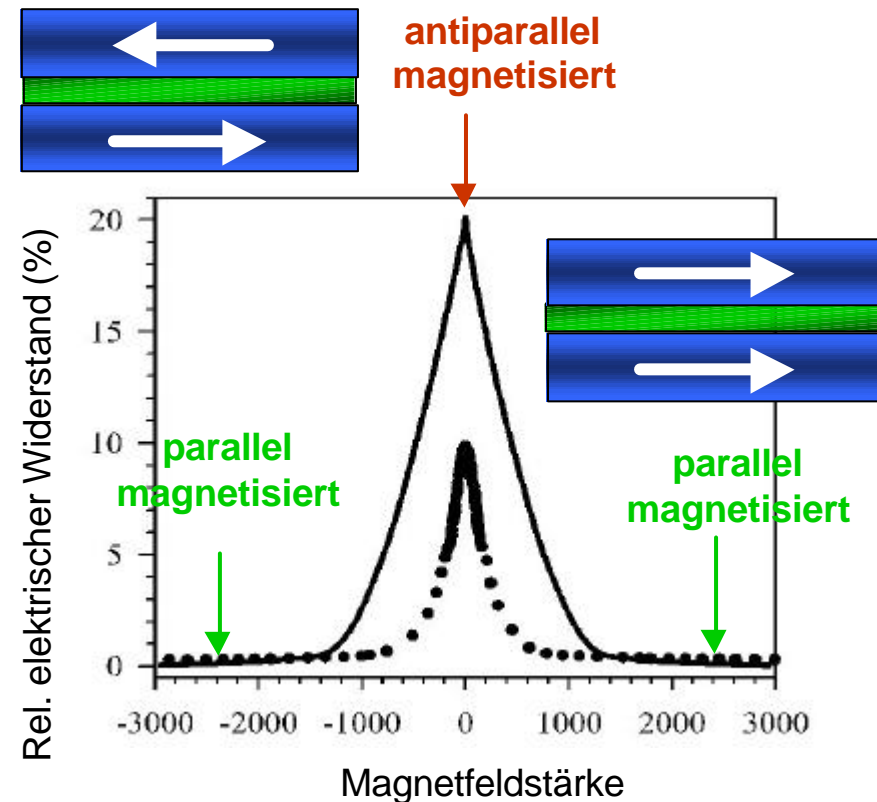
- spinabhängige Streuung des Elektrons an Grenzflächen
- Widerstand ist hoch, wenn die Magnetisierungsrichtungen antiparallel sind
- einfache Zusammensetzung z. B.: Co/Cu/Co

Effekt:

- ca. 8% in einfachen Systemen
- bis zu 100% in Vielfachstapeln (bei tiefen Temperaturen)

Anwendungen:

- in Leseköpfen für Festplatten
- Positionssensorik, berührungslose Sensorik



Nanobiotechnologie: Kopplung elektronischer und biologischer Systeme

Eine Nervenzelle (Neuron) auf einer Silizium-Halbleiterstruktur ermöglicht die direkte Übertragung der Nervenimpulse der Zelle auf den Halbleiter in Form elektronischer Signale. Solche Testzellen könnten in Zukunft bei der Entwicklung und beim Testen neuer Medikamente helfen.

