

Hochtemperatur-Brennstoffzelle: Leistungssteigerung durch Nanoschichten

Dipl.-Ing. Michael Becker

*Institut für Werkstoffe der Elektrotechnik, Universität Karlsruhe (TH), Adenauerring 24,
76131 Karlsruhe*

Michael.Becker@iwe.uni-karlsruhe.de

Abstract

Auf dem Weg zur effizienten Energiewandlung werden Brennstoffzellensysteme künftig eine bedeutende Rolle spielen. Die verschiedenen technischen Lösungen sind unterschiedlich weit entwickelt; im Rahmen des Trends zur dezentralen Energieversorgung sind Hochtemperatur-Brennstoffzellen besonders attraktiv, da hiermit Kraft-Wärme gekoppelte (KWK) Systeme mit hohem Gesamtwirkungsgrad realisiert werden können. Die elektrische Stromerzeugung liegt dabei im Bereich von 1 bis 5 kW für Ein- und Mehrfamilienhäuser bis zu einigen 100 kW für industrielle Anlagen. Erste Feldtests mit KWK Systemen, z.B. MCFC (Molten Carbonate Fuel Cell) der Firma MTU oder SOFC (Solid Oxide Fuel Cell) der Firma Sulzer Hexis werden (noch) durchgeführt, bevor eine Kommerzialisierung dieser Systeme zu erwarten ist. Substantielle Verbesserungen der Leistungsdichte derartiger Brennstoffzellen erreicht man über ein „maßgeschneidertes“ Interface zwischen den elektrokatalytisch aktiven Elektroden und dem ionenleitenden Elektrolyten, was im Vortrag am Beispiel der Entwicklung einer nanoskaligen Kathode für die SOFC dargestellt wird.

Brandschutz und Isolation mit Nanotechnologie

Dr. Klaus Endres

*Leibniz Institut für Neue Materialien, INM, gem. GmbH, Im Stadtwald, Geb. 43,
66123 Saarbrücken*

endres@inm-gmbh.de

Abstract

Mit wachsendem Sicherheits- und Energiebewusstsein gewinnen Brandschutz und Isolation immer mehr an Bedeutung. Auf dem Gebiet des Brandschutzes sind von jeher Verglasungen ein kritischer Punkt, da das Glas im Brandfalle zu Bruch geht und sich Flammen und Rauch ungehindert ausbreiten können. Im Laufe der letzten 30 Jahre wurden zahlreiche Systeme entwickelt, die neben organischen Brandschutzmaterialien besonders auf Wasserglasfüllungen zwischen zwei oder mehreren Scheiben beruhen. Die Wasserglasinterlayer erhitzen sich und der Inhalt verzehrt durch Kochen Energie. Diese häufig eingesetzten Systeme, haben aber den Nachteil, dass sie deutlich schwerer sind als Normalverglasungen und dass sich im Laufe der Jahre Defekte in der Füllmasse ausbilden können. Das Ziel der beschriebenen Entwicklung war, Systeme auf der Basis von refraktären Nanopartikeln zu entwickeln, die ihre Brandschutzwirkung durch die Ausbildung einer refraktären, schaumartigen Schutzschicht unter Hitzeeinwirkung entfalten. In der beschriebenen Entwicklungsarbeit ist es gelungen, Scheiben mit bis zu 50 % Gewichtseinsparung und einer nahezu verdoppelten Brandschutzwirkung gegenüber dem Stand der Technik zu entwickeln. Die Basis hierfür sind Nanopartikel, die schon in der Füllmasse vorliegen, und durch ihre Kleinheit und damit geringe Lichtstreuung hervorragende optische Eigenschaften gewährleisten. In Verbindung mit weiteren Komponenten bildet dieses System unter Hitzeeinwirkung eine thermische Strahlungsisolierung, die dem derzeitigen Stand der Technik überlegen ist. Somit sind Brandschutzverglasungen nanotechnologisch zugänglich, die aufgrund effizienterer Energieabsorptionsmechanismen gegenüber Stand der Technik Materialien eine Reduzierung der Schichtdicke in der Funktionsschicht erlauben. Auf diese Weise sind dünne, leichtgewichtige Brandschutzverglasungen für eine Feuerwiderstandsklassifizierung von EI 30 oder EW 120 einsetzbar. Des Weiteren wurden nanoskalige Bindemittel zur Herstellung von Isolationswerkstoffen für Hochtemperaturanwendungen entwickelt. Gegenstand dieser Arbeiten waren Isolationswerkstoffe, die für einen Einsatzbereich oberhalb 200 °C geeignet sind und zu geometrisch anspruchsvollen Formkörpern zu verarbeiten sind. Zum Einsatz kamen Leichtzuschlagsstoffe wie Mikrohohlglaskugeln, die mit einem nanoskaligen Bindemittel zu Formkörpern verarbeitbar sind und sich durch ausgezeichnete Wärmeleitfähigkeiten und mechanische Eigenschaften auszeichnen.

Nanobeschichtungen für Architektur- und Solargläser – Smart Glazings

Dr. Thomas Hofmann

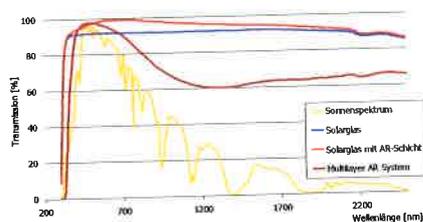
CENTROSOLAR Glas GmbH & Co. KG, Siemensstraße 3, 90766 Fürth

thomas.hofmann@centrosolarglas.com

Abstract

Die Anwendungsfelder der Nanotechnologie umfassen mittlerweile nahezu alle Industriebereiche. Nanobeschichtungen können als die am weitesten fortgeschrittenen Anwendungen von Nanomaterialien angesehen werden. Die bislang kommerzialisierten Anwendungen umfassen breitbandige, nanoporöse Entspiegelungsschichten, transparente, kratzfeste Schichten, Barrierschichten für Polymerfolien, nanopartikuläre Lösungen zum chemisch-mechanischen Planarisieren von Halbleiterelementen, transparente, schmutzabweisende Schichten, bakterizid wirkende Funktionsschichten.

Die bislang bekannten Entspiegelungsschichten sind Mehrschichtsysteme, die aufgrund ihrer Schichtcharakteristik sehr kostenintensiv und zudem nur im sichtbaren Spektralbereich einsetzbar sind. In einem öffentlich geförderten Kooperationsprojekt zwischen CENTROSOLAR GLAS/FLABEG als Glasveredler, MERCK als Feinchemikalien-Hersteller und den Fraunhofer Instituten ISC und ISE als Entwicklungspool wurde ein Herstellungsverfahren für ein kostengünstiges und breitbandiges Entspiegelungssystem entwickelt. Dabei wird in einem Tauchbeschichtungsverfahren ein poröses SiO_2 -Schichtsystem mittels Sol-Gel-Chemie auf Glas aufgebracht und anschließend thermisch gehärtet. Durch die Porosität dieses vergleichsweise einfachen SiO_2 -Einschichtsystems resultiert ein Antireflexverhalten über einen sehr breiten Spektralbereich. So kann die Energiedurchlässigkeit von Glas durch eine derartige Antireflexschicht um 6 % erhöht werden. Anwendungsfelder für dieses Antireflexglas sind Bereiche mit hohen Anforderungen an Transmission und Entspiegelung: als Abdeckglas für Photovoltaik-Module und Warmwasser-Kollektoren, als Verglasungssystem für Architektur- und Gewächshausanwendungen, als Komponente für neuartige Kombinationssysteme.



Silica-Acrylat-Nanokomposit-Dispersionen – Eine Innovation im Bereich wässriger Beschichtungen

Dr. H. Wiese

*BASF Aktiengesellschaft, Polymerforschung, Anstrich und Bauchemie,
67056 Ludwigshafen, GKD/B - B1*

harm.wiese@basf-ag.de

Abstract

Es wird ein neuartiger Bindemitteltyp für den Lack- und Anstrichbereich auf Basis wässriger Nanokompositdispersionen vorgestellt. Diese Bindemittelklasse weist sowohl in den reinen Dispersionsfilmen als auch in lösemittelfreien Anstrichformulierungen vielversprechende Eigenschaftskombinationen wie gute Blockfestigkeit bei hoher Elastizität oder sehr gute Anschmutzungsresistenz bei niedriger Mindestfilmbildetemperatur auf. Darüber hinaus beobachtet man bei den Materialien ein ungewöhnliches Brandverhalten als auch sehr hohe Wasserdampfdurchlässigkeiten selbst bei unterkritischen Farbformulierungen.

Die Arbeiten zeigen, dass wässrige Nanokompositdispersionen als neuartiger Bindemitteltyp Potenzial für das als „klassisch“ zu betrachtende Arbeitsgebiet Anstrich und Lack aufweisen, zumal die Entwicklungsarbeiten dieser neuen Bindemittelklasse gerade erst am Anfang stehen.

In USA folgte in einer Kooperation zwischen Cabot und Fa. Kalwall die Installation eines transluzenten Nanogel®-Daches über dem Pool eines Motels in Manchester/N.H. Weitere Gebäude-Anwendungen werden von Polar Bear™, einem Aerogelprodukt von Aspen Aerogels Inc. (Massachusetts, USA) erwartet.

Anwendung von transluzenten und opaken nanostrukturierten Wärmedämmstoffen in Gebäudefassaden.

Jochen Fricke und Gudrun Reichenauer

ZAE Bayern, Am Hubland, 97074 Würzburg

fricke@zae.uni-wuerzburg.de

Abstract

Die Entwicklung von porösen Dämmstoffen mit Porenweiten im 100 nm-Bereich begann in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts. In den dreißiger Jahren stellte Samuel Kistler in den USA über einen nasschemischen Sol-Gel-Prozess aus Wasserglas transparente bis transluzente Silica-Aerogele her und demonstrierte ihr hervorragendes Wärmedämmvermögen. Für monolithisches Aerogel ergab sich unter Umgebungsbedingungen eine Wärmeleitfähigkeit von etwa $0.020 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$, anstelle von $0.040 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$, wie für konventionelle Dämmstoffe. Evakuierung auf Drücke von etwa 10 mbar reichte aus, um die Gaswärmeleitung völlig zu unterdrücken. Die Firma Johns-Manville griff Kistler's Verfahren auf und produzierte dieses Material in Pulverform als „Santogel“, bis es in den sechziger Jahren von der preiswerteren pyrogenen Kieselsäure vom Markt verdrängt wurde.

Pyrogene Kieselsäure, ein weißliches nanostrukturiertes Pulver, war in den vierziger Jahren erstmals von Harry Klöpfer bei Degussa über die Verbrennung von Tetrachlorsilan in einer Knallgasflamme hergestellt worden. Es wird seither als Aerosil® vertrieben. Die seit 1999 intensiv betriebene Integration dieses Materials in opake Vakuum-Isolations-Paneele mit Wärmeleitfähigkeiten von $0.004 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ hat zu einer Reihe von Pilotprojekten zur Superdämmung von Häusern geführt. Mit nur 4 cm dicken Wandaufbauten lassen sich so U-Werte von nur $0.15 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ erzielen. Aerogel-Entwicklungsaktivitäten bei BASF und Hoechst in den achtziger und neunziger Jahren führten zwar zu neuen Herstellverfahren, jedoch blieb die großtechnische Umsetzung aus.

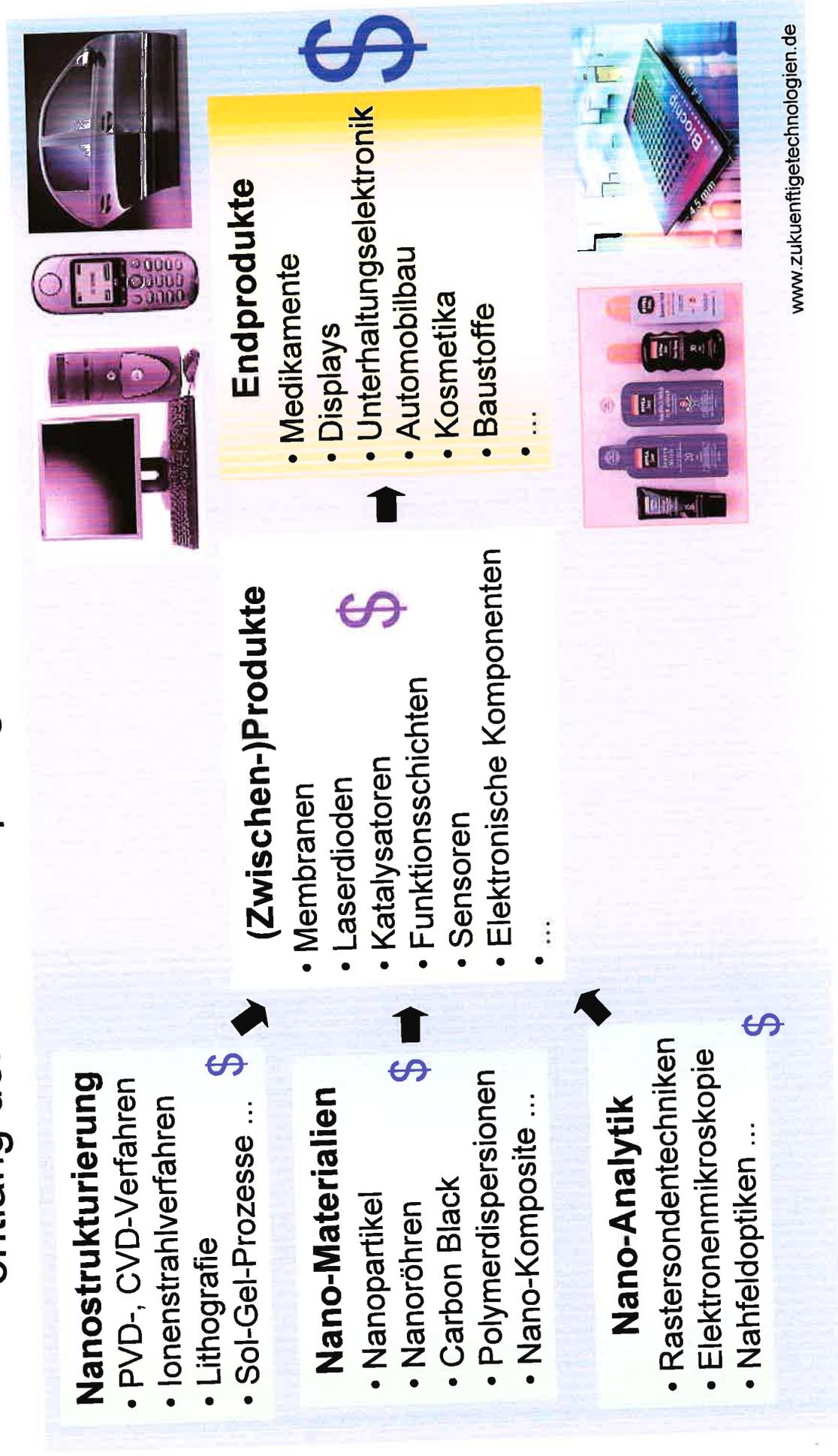
Von Hoechst auf die US-Firma Cabot übertragenes Aerogel-Know-how dient heute als Grundlage für die Herstellung von Nanogel® in Granulatform oder als Aerogel-Splitter. Transluzente Nanogel®-Schüttungen, eingefüllt in Doppelstegplatten und beidseitig abgedeckt durch Glasscheiben, wurden erstmals 1999 als „Daylighting System“ in die Südfassade des ZAE-Experimentiergebäudes in Würzburg eingebaut. Das System hat einen g-Wert von 0.5 sowie einen U-Wert von $0.4 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$. Wegen des weichen Lichtes hinter einer derartigen Aerogelfassade wurde auch der Seminarraum der Garching Abteilung des ZAE Bayern auf diese Weise ausgerüstet.

Für die Anwendung interessant sind z. B. die zu vernachlässigende Rayleigh-Streuung, die die Herstellung optischer Nanokomposite mit besonderen Eigenschaften ermöglicht. Die Kleinheit der Teilchen und die damit verbundene hohe Diffusionsgeschwindigkeit in viskosen Medien ermöglicht es, holographische Strukturen in transparenten Medien, z. B. dünnen Filmen herzustellen. Daraus ergeben sich interessante Anwendungen im Bereich der Display-Technik. Die hohe Oberflächenenergie führt zu niedrigen Sintertemperaturen in keramischen Systemen, aber auch zu einer deutlich erhöhten Löslichkeit: Daraus können Controlled-Release-Systeme mit an sich sonst nicht löslichen Materialien maßgeschneidert werden, die z. B. für einen effizienten Korrosionsschutz mit Selbstheilung weiterentwickelt werden. Werden magnetische Komponenten verwendet, so gelangt man relativ einfach zu Single-Domain-Systemen, die superparamagnetische Effekte erzeugen. Durch den hohen Grenzflächenanteil lassen sich Nanokomposite herstellen und Kunststoffe mit neuen Eigenschaften produzieren, die auch im Baubereich interessante Potentiale haben. Die Adhäsion zwischen Nanopartikeln führt bei einer entsprechenden Einstellung über die Oberflächenmodifikation zu neuen Bindemitteln, mit denen z. B. Glasfaserisolierwerkstoffe mit nichttoxischen und Brandschutzeigenschaften hergestellt werden können. Nanopartikel in gelartigen Matrices eignen sich für Brandschutzverschiebungen, die ein deutlich reduziertes Gewicht bei deutlich erhöhter Standzeit aufweisen. Halbleiternanopartikel weisen photokatalytische Eigenschaften auf, eine Technologie, mit der derzeit in Japan schon nahezu eine Milliarde US \$ in der Industrie verdient wird. Besonders die Gradientenbildung in solchen Systemen öffnet ein neues Potential der Anwendung auch auf textilen Strukturen im Architekturbereich.

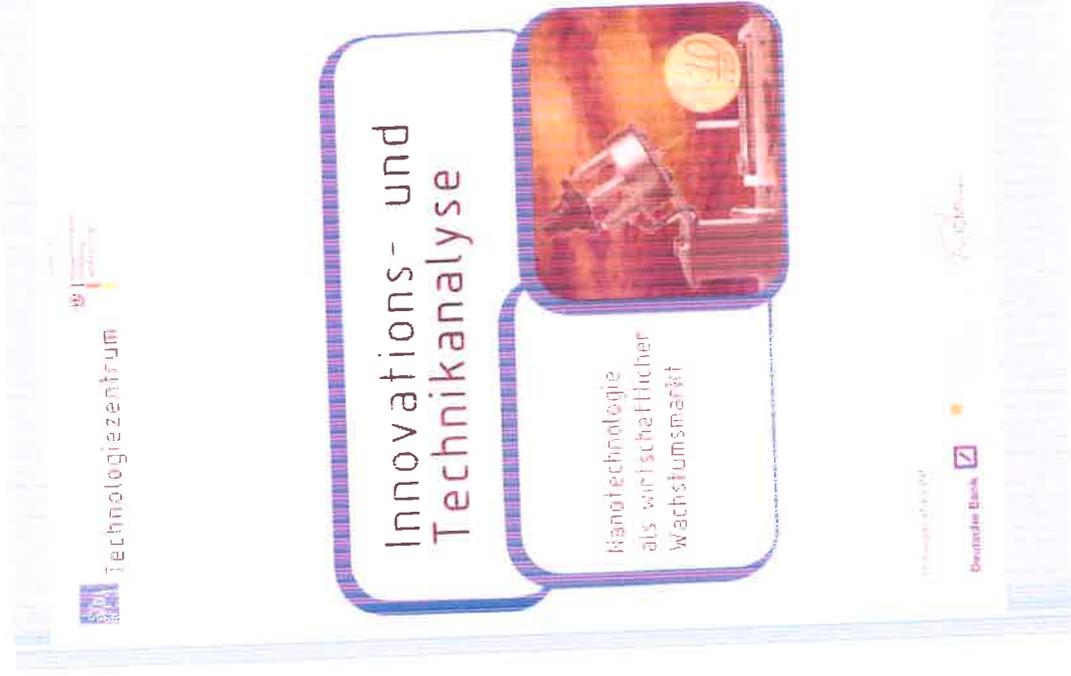
Die Durchsetzung nanobasierter Komponentensysteme und Werkstoffe hat jedoch ihre Grenzen in der Wertschöpfung. Während die Werkstoffhersteller auf großvolumige Märkte angewiesen sind, lassen sich kleinvolumige Werkstoffanwendungen nur durch die Wertschöpfung im System erzielen, was jedoch in der Regel eine neuartige Produktionstechnik mit entsprechendem Investitionsaufwand nach sich zieht. Um über solche Technologien mit entsprechendem Investitionsaufwand innerhalb der Bundesrepublik zu erzeugen, ist eine entsprechende strukturelle Anpassung an Forschung und Entwicklung (vertikale Interdisziplinarität im Gegensatz zur horizontalen) und der Aufbau entsprechender Schnittstellen zwischen Technology Source und anwendendem Unternehmen erforderlich. Hier aber stehen wir noch am Anfang. Gelingt es, solche Strukturen zu realisieren, eröffnen sich für die Anwendung von Nanomaterialien neue Chancen. Im Referat wird neben der allgemeinen Grundlage eine Reihe von industriell erfolgreichen Anwendungsbeispielen und Modelle zur Realisierung neuer Technologien über nanostrukturierte Werkstoffe gezeigt.

Technologiezentrum

Nanotechnologische Produkt-/Marktpotenziale entlang der Wertschöpfungskette

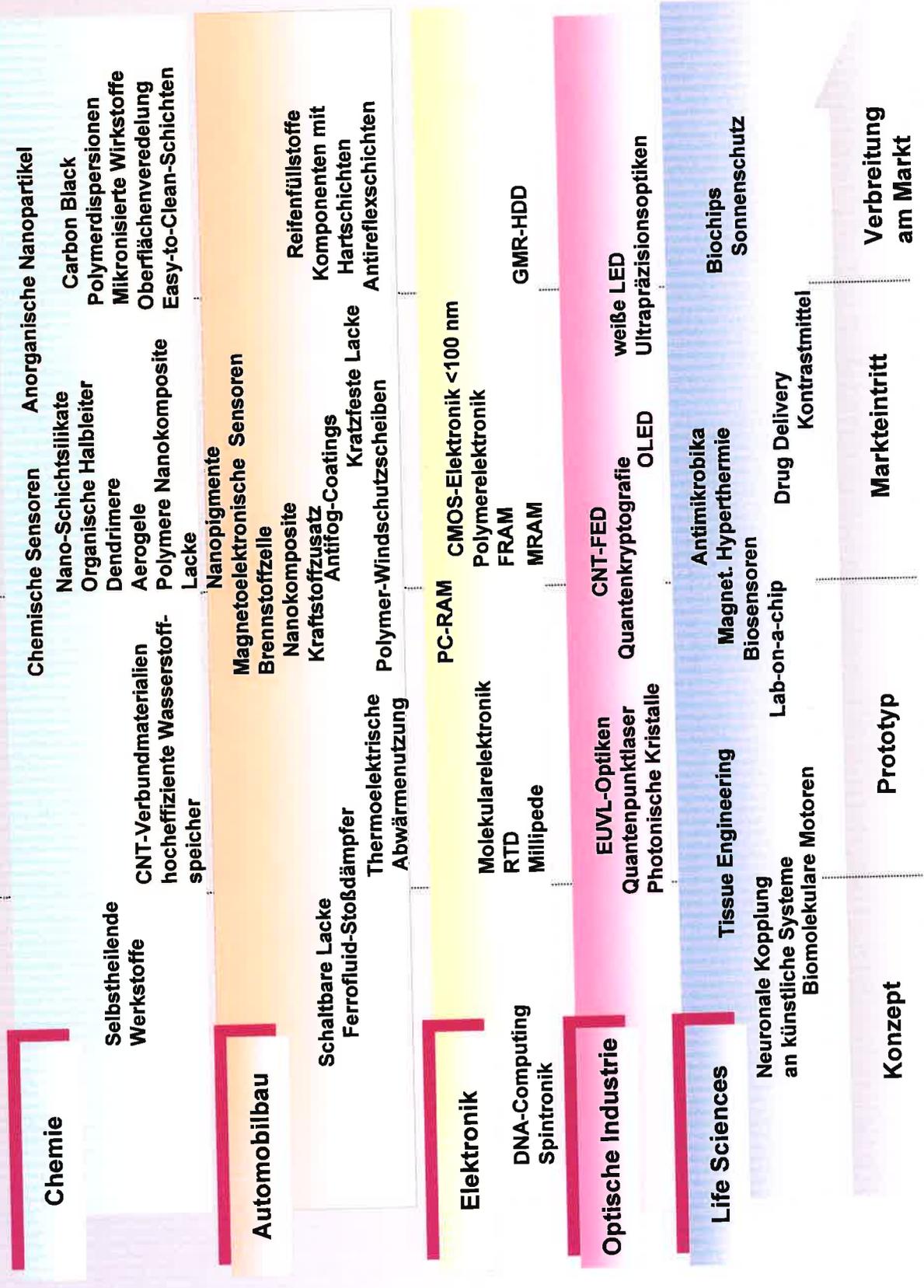


Nanotechnologie als wirtschaftlicher Wachstumsmarkt



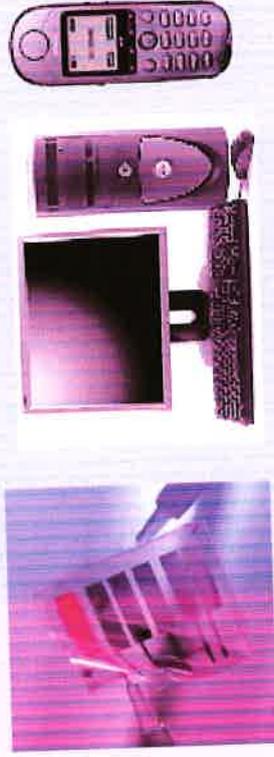
- „Nanotechnologieweltmarkt“ ca. 100 Mrd. € (Hohe Schwankungsbreite in Abhängigkeit der Definition, Zeithorizonte, Wertschöpfungsstufe etc.)
- Deutschland hat international gute Ausgangsbasis bezüglich Wissenschaft und Patente aber kommerzielle Umsetzung schwächer als in USA und Japan
- ca. 450 Unternehmen in Deutschland im Bereich der Nanotechnologie tätig
- ca. 20.000 bis 32.000 Arbeitsplätze in D von der Nanotechnologie abhängig
- Bislang geringe Diffusion in klassische Industriebranchen insbesondere im Mittelstand
- Im Jahr 2015 wird fast jede Industriebranche von Nanotechnologeanwendungen durchdrungen sein

Nanotechnologische Produkte

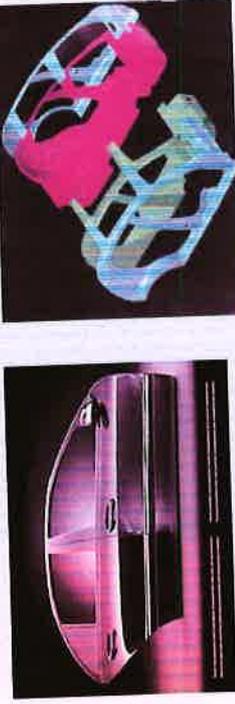


Nanotechnologie - Anwendungen

Information & Kommunikation



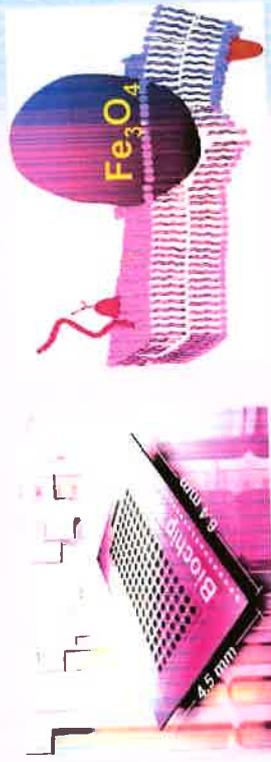
Automobiltechnik



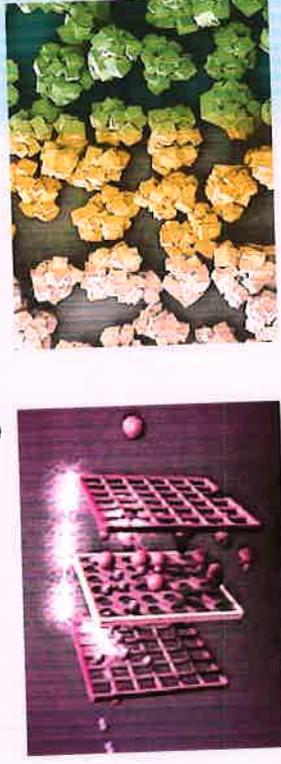
Chemie



Medizin & Pharma



Energietechnik



Kosmetik

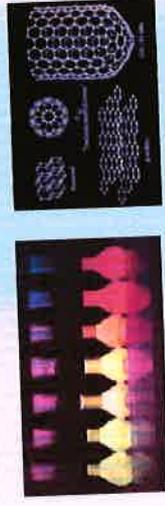


Nanotechnologie - Disziplinen

Nanoanalytik



Nanomaterialien/ Nanoschichten



Nanofabrikation



Nanobiotechnologie



Nanooptik



Nanoelektronik



Nanotechnologie - Definitionsansatz

Gegenstand

Die kontrollierte Herstellung, Analyse und Manipulation von technisch nutzbaren Objekten mit atomaren und molekularen Abmessungen (< 100 nm) in mindestens einer Richtungsdimension

Neue Funktionalität durch nanoskalige Effekte

Nanotechnologische Anwendungen ergeben sich mit solchen Systemen, deren **neue** Funktionen und Eigenschaften dominant von nanoskaligen Effekten der Systembausteine abhängig sind.

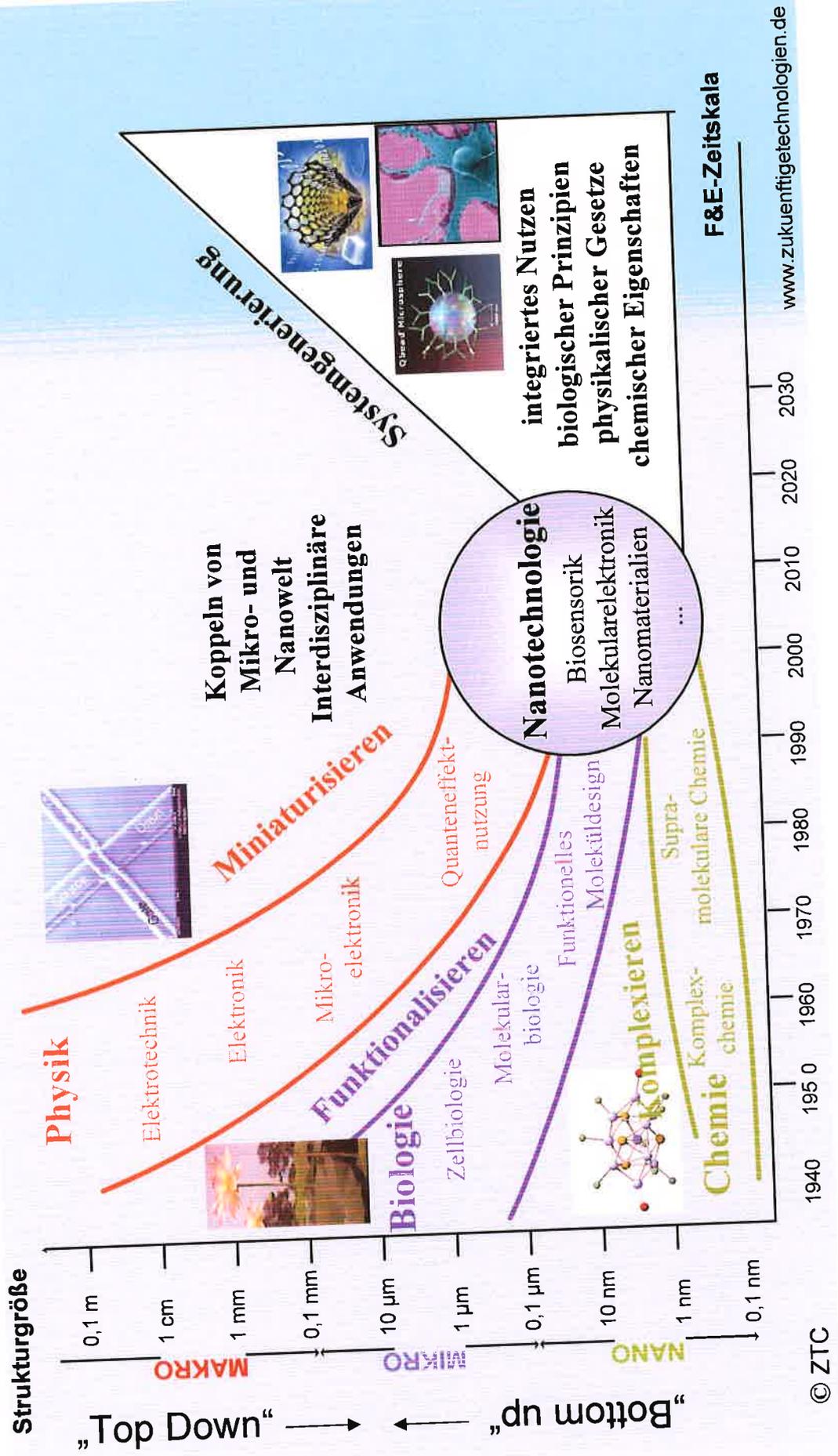
Kombination von Paradigmen aus verschiedenen Disziplinen

Kombination von „Top-Down“ und „Bottom-up“-Verfahren und interdisziplinäre Anwendung physikalischer, chemischer und biologischer Prinzipien



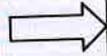
Technologiezentrum

Nanotechnologie - Interdisziplinäre Forschungsansätze



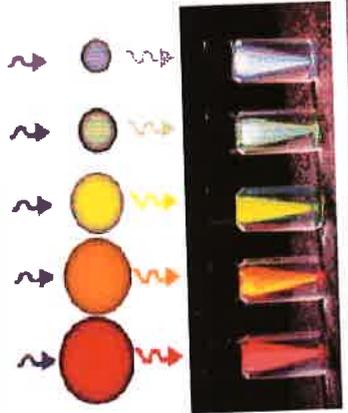
Nanotechnologie - Neue Effekte auf der Nanoskala

Quantenmechanisches Verhalten

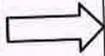


„Neue“ Technische Physik

- durch Änderung von
- Farbe, Transparenz
 - mechanische Eigenschaften
 - Magnetismus
 - elektrischer Leitfähigkeit

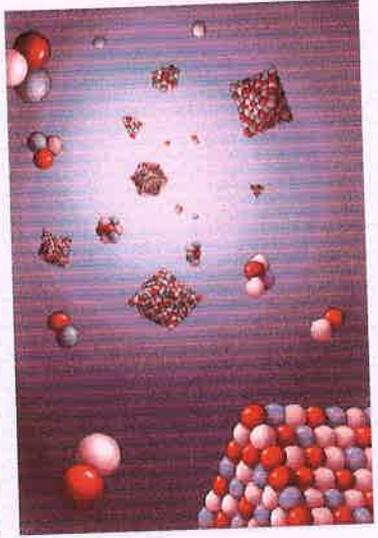


Vergrößerte Grenz- und Oberflächen

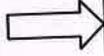


„Neue“ Chemieprozesse

- durch Änderung von
- Phasengleichgewichten
 - chemischer Reaktivität
 - katalytischer Ausbeute
 - sterische Selektivität

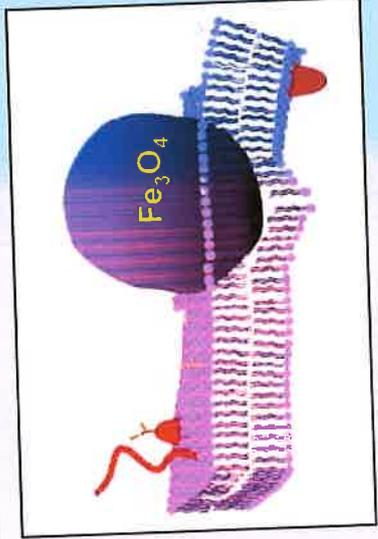


Molekulare Erkennung

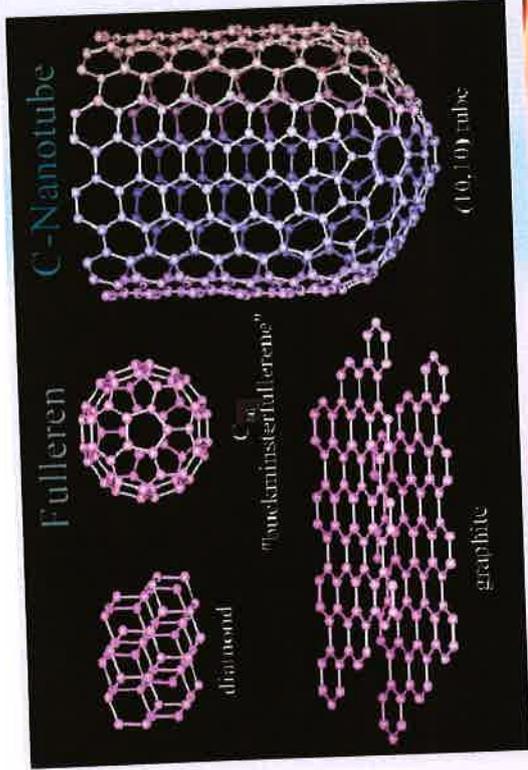


„Neue“ Bioanwendungen

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

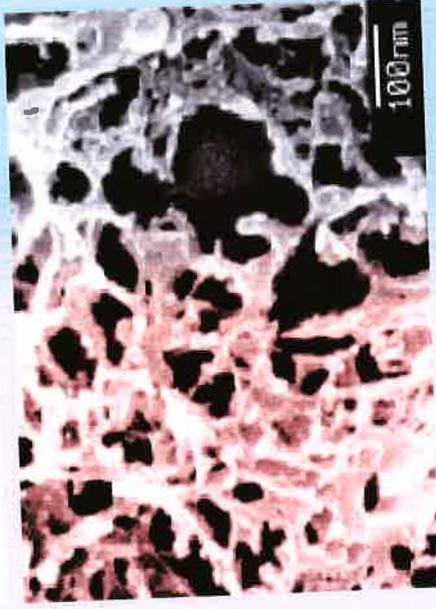
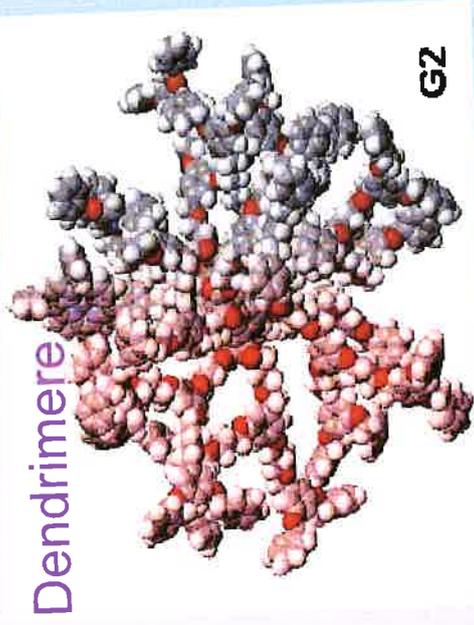


Nanostrukturen in der Chemie



Fullerene/
Nanotubes

Magnetische
Flüssigkeiten

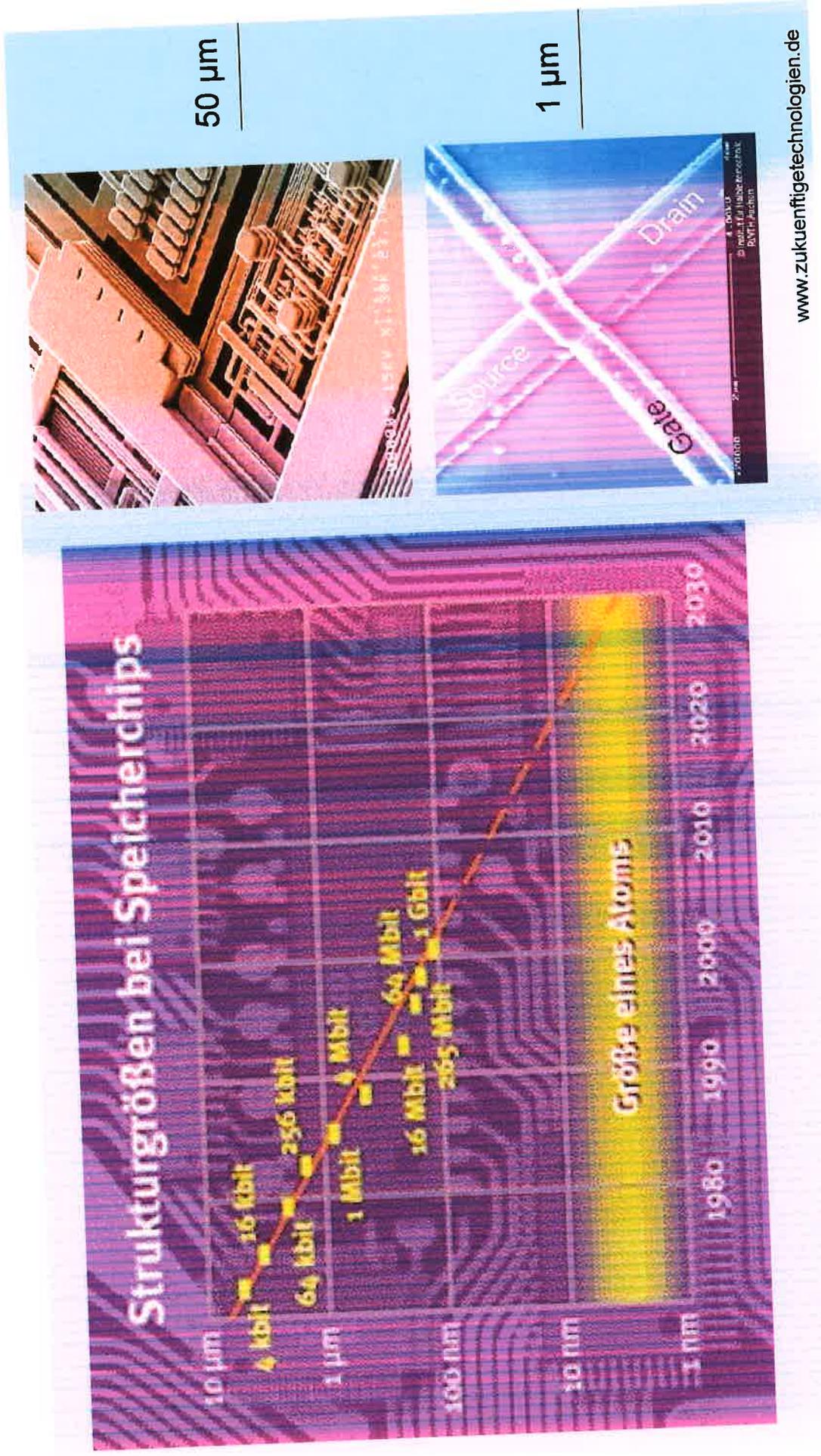


Nanostrukturierte Komposite



Technologiezentrum

Nanostrukturen in der Physik



Nanostrukturen in der Biologie

Gecko adhesive system

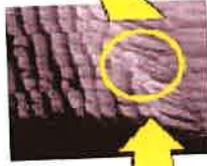
Macro



Meso



Micro



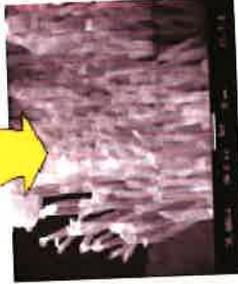
1 million foot hairs (setae)

Single Seta



Nanostructures

1000 Spatular tips



Perlmutter

Nanostrukturierter Verbundwerkstoff mit besonderen Eigenschaften



Die Lotusblume
Selbstreinigende Oberflächen durch Mikro-/Nano-Strukturierung

Was ist Nanotechnologie?

Dr. Wolfgang Luther

Nanotecture 2006

24.1.2006

VDI, Düsseldorf



2020

2015

2010

ZUKÜNFTIGE TECHNOLOGIEN
CONSULTING

www.zt-consulting.de



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

NanoCare



Verbindung von Forschung und Kommunikation

Wirtschaftliche Ziele neuer Nanopartikel, Vermeidung von Fehlentwicklungen



Umwelt- und Gesundheitsauswirkungen der Nanopartikel; Information und Kommunikation der Ergebnisse



NanoChance

Förderaktivität des BMBF (Start in 2006, Fördersumme: 20 Mio. €)

- Unterstützung für KMU, Spin-offs and Start-ups
- Anregung von Innovationsprozessen für neue Geschäftsfelder
- Möglichkeit der Ko-Finanzierung über High-Tech-Gründer Fond
- Unterstützung der Bildung von Allianzen mit Großunternehmen
- Ausbau bestehender Nanotechnologie-Kompetenzen
- Beschleunigung von Technologietransfer-Prozessen in der Nanotechnologie
- Adressieren von „High-Risk“-Anwendungen mit hohen Wachstumschancen



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Innovationsbegleitende Maßnahmen zur Nanotechnologie

Ziele:

- Öffentlichkeit informieren und öffentliche Wahrnehmung fördern
- Gesellschaftliche Auswirkungen und potenzielle Risiken der Nanotechnologie frühzeitig untersuchen
- Geeignete Aus- und Weiterbildungsmöglichkeiten schaffen
- Junge Menschen und Schüler von Technik begeistern





Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

BMBF-Leitinnovationen

- **NanoFab** - Ultrapräzise Höchstdurchsatz-Fabrikation für die Nanoelektronik
- **NanoLux** - Innovative Beleuchtungstechniken
- **NanoMobil** - Nanomaterialien und Nanotechnologie im Auto
- **Nano for Life** - Nanomaterialien und Nanobiotechnologie für LifeSciences und Gesundheit
- **NanoChem** – Nanomaterialien für die Chemie, Chancen und Risiken

