

# Nanotechnologie

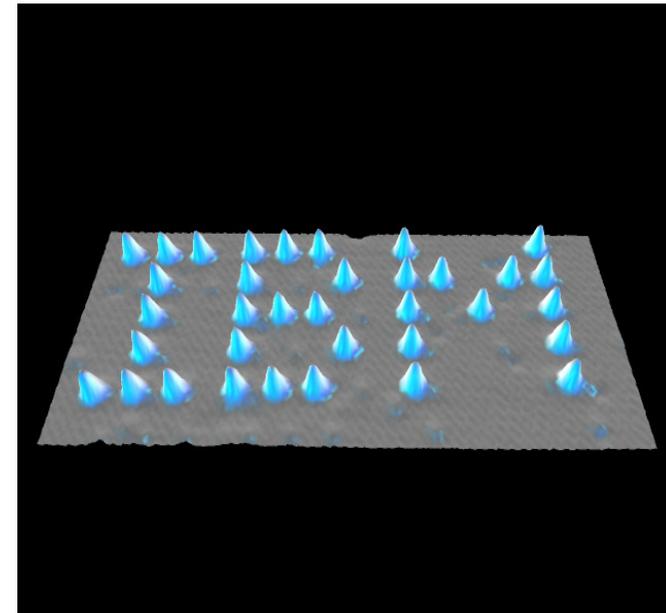
Chemnitz, 18. Juni 2009

Trendscouting Gruppe:

Daniela López, Sandra Menzel,  
Dr. Werner Kretzschmar, Kenny Pagel,  
Ruben Bauer, Matthias Milbrandt

## Geschichte

- „nano“ – griechisch: „Zwerg“
- **Richard Feynman 1959**: Vision Nanobereich – „There’s Plenty of Room at the Bottom“
  - + dort gänzlich neue Ressourcen finden
  - + keine Umweltprobleme (kein Abfall)
  - + keine Energieprobleme
- **Norio Taniguchi 1974**: Begriff Nanotechnologie
- **Donald Marc Eigler 1989**: IBM-Logo aus 25 Xenonatomen im Rastertunnelmikroskop (Bild)
- **Sumio Iijima 1991**: Kohlenstoffnanoröhren zufällig bei Lichtbogenentladung entdeckt

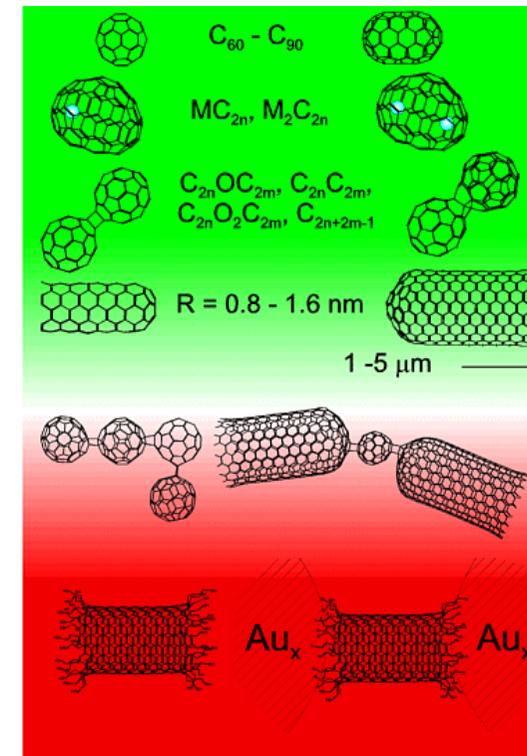


„The Beginning“

Quelle: D.M. Eigler „Positioning Single Atoms with a Scanning Tunnelling Microscope“, Nature 344 (1990), S. 524-525

## Definition

- *Untersuchung, Herstellung und Anwendung* von Nano-Strukturen zur Verbesserung bestehender oder Entwicklung *neuer Produkte*
- Strukturen, Materialien und Systeme in Dimension *kleiner als 100 Nanometer*
- $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$  (Atomradien – ca. 0,1 nm)  
*Nanotechnologie < 1000 Atomradien*
- allein die Nano-Dimension bringt *neue Funktionalitäten und Eigenschaften* hervor
- Eigenschaften vorwiegend bestimmt durch *quantenmechanisches Verhalten und Selbstorganisation*



Quelle: X. Jiang „Nanomaterialien in der Oberflächentechnologie“, Siegen, 2005

## Übergang zur Nanowelt

- geänderte Sichtweisen *ausgewählter Eigenschaften* beim Übergang in die Nanowelt:

### *bisher:*

klassische Kontinuumsphysik

Festkörpereigenschaften

Volumen dominierend

homogene Materialien

einfache Miniaturisierung

statistische Ansammlungen

### *Änderung:*

Quantenmechanik

Bindungseigenschaften

Oberfläche dominierend

inhomogene Materialmischungen

Kombination mit Selbstorganisation

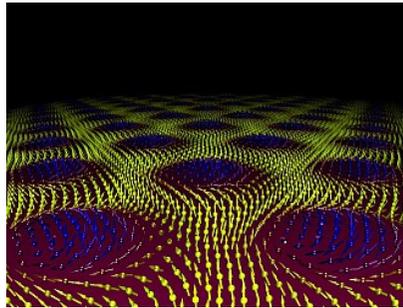
individuelle Teilchen

## Bekannte Vertreter

- Nanopartikel in Schmierstoffen, Beschichtungen, Lacken, Katalysatoren
- seit ca. 15 Jahren Kohlenstoffröhren (CNTs)

### 3 wesentliche Eigenschaftsänderungen in der Nanowelt

Quantenmechanische Struktur



*„Neue“ technische Physik*

durch Änderung von

- Farbe, Transparenz
- Festigkeit
- Magnetismus
- elektrischer Leitfähigkeit

extrem große Oberfläche

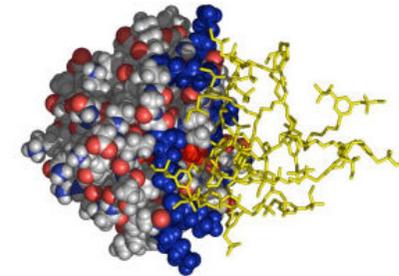


*„Neue“ Chemieprozesse*

durch Änderung von

- Schmelz- und Siedepunkt
- chemischer Reaktivität
- katalytischer Ausbeute

Molekulare Erkennung



*„Neue“ Bioanwendungen*

durch Kombination mit

- Selbstorganisation
- Reparaturfähigkeit
- Adaptionfähigkeit
- Erkennungsfähigkeit

Quelle: R. Fellenberg „NanoSurface“, Gießen, 2005

## Gezielte Effekte durch Nanoskalierung

Eigenschaft	Beispiele für Effekte durch nanoskalige Konfiguration
<i>Katalytisch</i>	erhöhte katalytische Wirkung durch <b>stark vergrößerte Oberfläche</b>
<i>Magnetisch</i>	<b>erhöhte magnetische Koerzitivität</b> bis zu einer kritischen Korngröße (unterhalb dieser Größe Abnahme der Koerzitivität bis zu superparamagnetischen Verhalten)
<i>Mechanisch</i>	<b>erhöhte Härte und Festigkeit von Metallen</b> und Legierungen, verbesserte Duktilität, Härte und Formbarkeit von Keramiken
<i>Optisch</i>	spektrale Verschiebung der optischen Absorptions- und Fluoreszenzeigenschaften, <b>Steigerung der Lumineszens von Halbleiterkristalliten</b>
<i>Sterisch</i>	<b>erhöhte Selektivität und Wirksamkeit von Membranen</b> , Anpassung von Hohlräumen für den Transport oder die kontrollierte Abgabe spezifischer Moleküle
<i>Biologisch</i>	erhöhte Durchlässigkeit für physiologische Barrieren (Membrane, Blut-Hirn-Schranke etc.), <b>erhöhte Biokompatibilität</b>

## Stand der Technik – Verfügbare Nano-Materialien

- + **Nanopartikel** (Agglomerate von wenigen hundert Atomen oder Molekülen verleihen bekannten Materialien neue Eigenschaften)
  - Pigmente für Lacke, Kosmetika, Medikamente
  - transparente Keramiken
  - kratzfeste Oberflächen
  
- + **nanoskalige Oberflächen** (dünne Filme oder nanostrukturierte Oberflächen mit neuen Eigenschaften)
  - selbst reinigende Oberflächen
  - Antireflexbeschichtungen
  - Katalysatoren
  
- + **Nanotubes** (Kohlenstoffröhrchen mit Dicken von 1 bis 30 nm und extrem guter Zugfestigkeit und Leitfähigkeit)
  - Leiterbahnen, Transistoren, Dioden, Nano-Aktoren
  - Verstärkung von Keramiken, Metallen, Kunststoffen

## Stand der Technik – Anwendungen in der Automobilindustrie

- Reifen: Nanopartikel als Füllstoff in Gummimischungen → Verbesserung von Haftung, Verschleiß, Lebensdauer
- Stoßdämpfer: Nanofluide → Dämpfung des Fahrwerks mit rheologischen Flüssigkeiten
- Schmiermittel: Verschleißreduzierung, z.B. durch Zusatz von Kupfer-Nanopartikeln*
- Abgasanlage: katalytische Nanopartikel in Katalysatoren*
- Karosserie: nanopartikelverstärkte Polymere (Leichtbau)*
- Scheiben: beschichtete Kunststoffe, Antreflexbeschichtungen, heizbare Frontscheiben (durch großflächige Nanoschichten)
- Spiegel: elektrochrome Schichten für gesteuerte Abdunklung
- Scheinwerfer: Scheinwerferreflektorbeschichtungen
- Lack: Lackierung mit verbesserter Farbbrillanz, Kratzfestigkeit
- Innenraum: Nanotechnologisch modifizierte Klebtechniken (z.B. schaltbare Klebstoffe)

## Zukunftsmusik der Nanotechnologie

- Chemikalien, die Medikamente gezielt zu Krankheitsherden transportieren statt sie im ganzen Körper zu verteilen
- künstliche Muskeln aus Nanoröhrchen
- Wasseraufbereitung durch CNT-basierte Membranen zur Entsalzung, nanoskalige Sensoren zur Identifikation von Verunreinigungen, nanoskaliges Titan-Dioxid das Bakterien neutralisiert
- flexible Chips mit Kohlenstoffelektronik, Flexible Displays
- Energieeffizienz durch *neue Brennstoffzellen, nanotechnologisch verbesserte Batterien / Akkumulatoren, Nanodrähte als Solarzellen, thermoelektrische Substanzen als gepresste Nanopulver*
- Lacke mit schaltbaren Farben, mit *Selbstheilungseffekt*
- neue Nanomaterialien (*ermüdungsfreie Nanostähle, leichte Verbundwerkstoffe mit Nanoröhren, transparente Leichtbauwerkstoffe, adaptive Materialien*)

## Nanotechnologie weltweit

USA

- 2001 National Nanotechnology Initiative eingeleitet
  - Koordination der Anstrengungen von ministeriellen Einrichtungen in Wissenschaft, Entwicklung und Umsetzung auf Gebiet der NT
- 2003 „21st Century Nanotechnology Act“ zur Festlegung einer nationalen Strategie
- sehr anwendungsorientierte Forschung → *schneller Ergebnistransfer in neue Technologien und Produkte*
- [nanotechproject.com](http://nanotechproject.com): 50% aller 8000 gelisteten Konsumprodukte mit Nano-Eigenschaften kommen aus den USA

Japan

- 2005 Second Science & Technology Plan
  - *NT gemeinsam mit Materialforschung diskutiert und gefördert*
- Fokus auf Miniaturisierung v. Teilen und Komponenten
- Hauptanwendungsgebiete: *Mikrosystemtechnik und Informationstechnologie*

## Nanotechnologie in Europa

- *Bereitstellung von jährlich etwa 800 Mio €*
- *ähnlich hohe Fördervolumina wie USA und Japan*
- *in USA und EU etwa gleiche Anzahl von Unternehmen mit Bezug zur Nanotechnologie*
- NT ist Bestandteil des 7. EU Forschungsrahmenprogramms, 2007 – 2013 3,5 Mrd €
- Deutschland Hauptakteur im Bereich NT – „Wachstumslokomotive in der EU“

	2003 in Mio €	2004 in Mio €	2005 in Mio €	2006 in Mio €
USA	800	850	870	900
Japan	770	800	820	840
EU	700	740	790	810
<b>D</b>	<b>250</b>	<b>290</b>	<b>310</b>	<b>330</b>

*Forschungsförderung Nanotechnologie*

## Deutschland im internationalen Vergleich

- *bereits 1998 Ziele der NT-Forschung durch BMBF adressiert* → internationaler Vorreiter
- Förderung durch BMBF, BMWA und institutionelle Fördergeber

### Stärken:

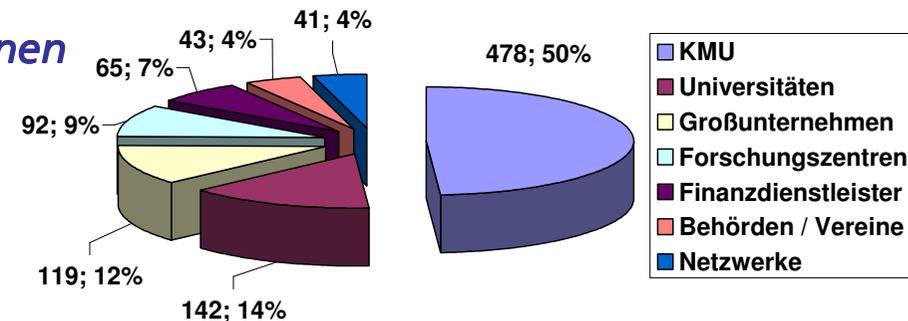
- starke Grundlagenforschung
- *ausdifferenzierte Forschungslandschaft*
- positive Grundstimmung
- Interesse beim Nachwuchs
- *gute industrielle Basis*

ab 2005 Nationale Strategie - *Leitinnovationen* zur Erschließung von Wachstumsfeldern:

- Nanoelektronik (*NanoFab*)
- Automobiltechnik (*NanoMobil*)
- Optische Industrie (*NanoLux*)
- Life Sciences (*NanoforLife*)

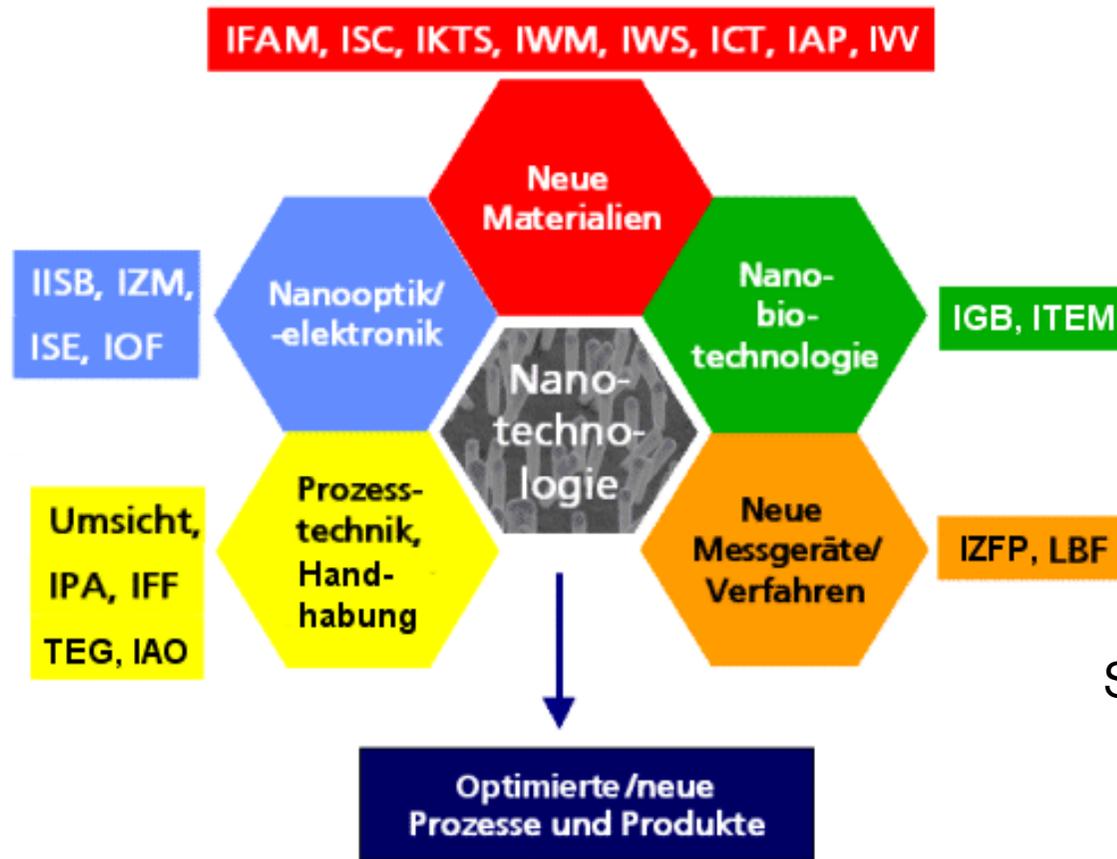
### Schwächen:

- Umsetzungsdefizit
- *Schwierigkeiten für Start-ups*
- *Informationsdefizite in der Wirtschaft*



Verteilung der Nanoakteure in Deutschland (Stand Sept. 2006)

## Anwendungen der Nanotechnologie innerhalb der FhG / Gebiete



[www.nano.fraunhofer.de](http://www.nano.fraunhofer.de)

21 Fraunhofer Institute



Fraunhofer Verbund Nanotechnologie

Sprecher: Dr. Karl-Heinz Haas  
Stv. Institutsleiter des ISC

## Anwendungen der Nanotechnologie innerhalb der FhG / Institute

Kompetenzmatrix	IAO	IAP	ICT	IFAM	IFF	IGB	ISB	IKTS	IOF	IPA	ISC	ISE	ITEM	IW	IWM	IWS	IZFP	IZM	LBF	TEG	Umsicht	
Nanomaterialien/-chemie																						
Nanopartikel/-fluide																						
Dünnschichten/Grenzflächen																						
Nanooptik/-elektronik																						
Nanobiotechnologie																						
Modellierung/Simulation																						
Analytik, Werkzeuge, Sicherheit																						
Produktionstechnologien, Handhabung																						
Querschnittsthemen																						

[www.nano.fraunhofer.de](http://www.nano.fraunhofer.de)

21 Fraunhofer Institute

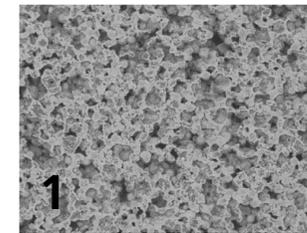


Fraunhofer Verbund Nanotechnologie

Anschluss IWU

## Anwendungen der Nanotechnologie innerhalb der FhG / Beispiele

- + Herstellungsverfahren für Nanomaterialien:
  - *Top-Down, Bottom-Up, Selbstorganisation*
- + Herstellung molekularer Bausteine für Nanosysteme/ Nanokomposite
- + Einfluss von Nano-Effekten auf Materialeigenschaften:
  - *Oberflächenerhöhung*
  - *chemische, katalytische, optische, elektrische, magnetische Effekte*
- + Anwendungspotenziale für Carbon Nano Tubes:
  - *CNT Aktoren*
  - *CNT Verbundmaterialien, - Beschichtungen*
  - *CNT Keramiken, Metall-Matrix.Komposite*
- + Anwendungen:
  - 1 – *Hochporöse Katalysatorschichten* für Geruchs- und Schadstoffabbau
  - 2 – *Antihafschichten* auf Edelstahl / Sanitäranlagen
  - 3 – *Brand- bzw. Flamschutz* für Kunststoffe / Verhindern des brennenden Abtropfens

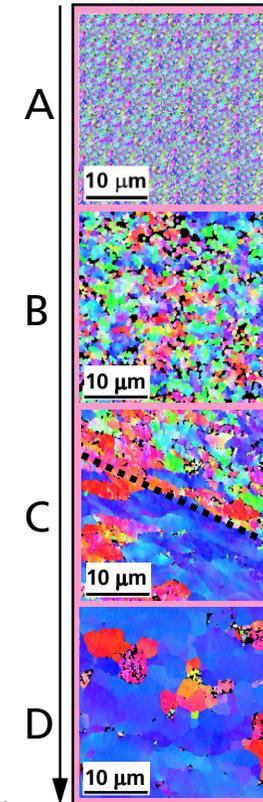
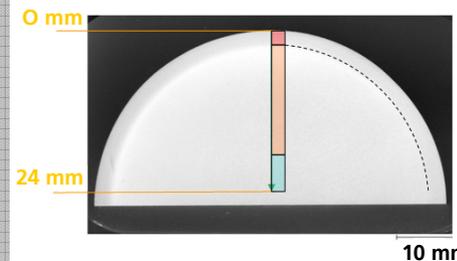
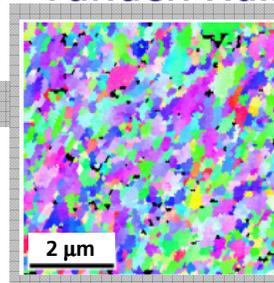


## Anwendungen der Nanotechnologie am IWU Chemnitz(1)

OE 431 :Dipl.-Ing. Markus Bergmann

- + Nanokristalline Werkstoffstruktur, Gradierung der Korngröße:
  - *verbesserte mechanische Eigenschaften* von Werkstoffen und Bauteilen (*Dauerfestigkeit, Zugfestigkeit, Zähigkeit*)
- + potentielle Anwendungen:
  - *Leichtbaukomponenten mit hohen Sicherheitsanforderungen* für Automobilbau / Luft- und Raumfahrttechnik
  - *Werkstoffe für die Medizin- und Mikrotechnik*
- + gegenwärtige Untersuchungen:
  - umformtechnische Herstellung von *runden Halbzeugen mit nanokristalliner Randzone*

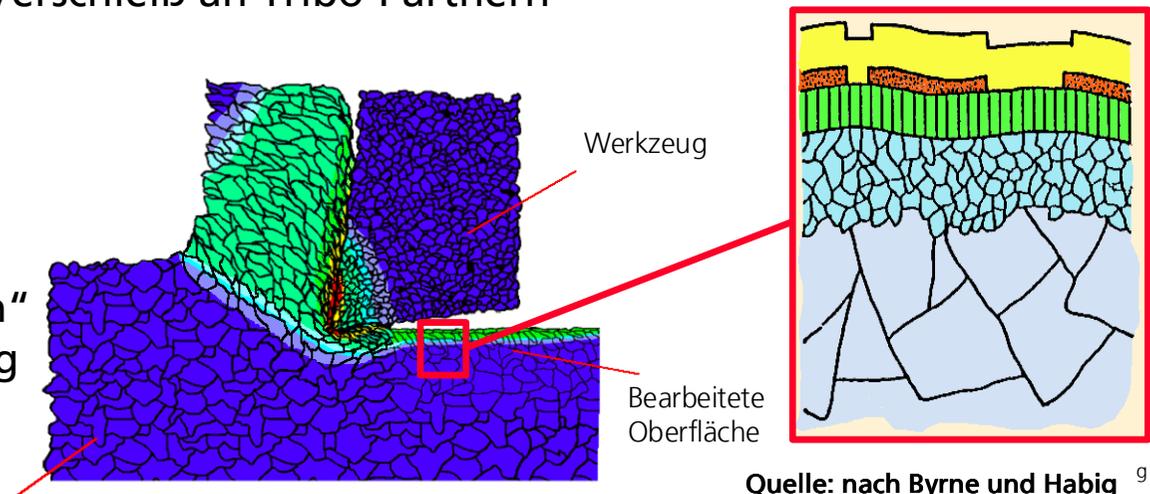
- A – 0,5 mm Randabstand
- B – 2,5 mm Randabstand
- C – 4,0 mm Randabstand
- D – 7,5 mm Randabstand



## Anwendungen der Nanotechnologie am IWU Chemnitz(2)

OE 320 : Dipl.-Ing. Jörg Schneider

- + Erzeugung nanokristalliner Gefüge im oberflächennahen Bereich
  - durch gezielte Endbearbeitung mit geometrisch bestimmter Schneide
- + erzielbare Effekte
  - Reduzierung von Reibung und Verschleiß an Tribo-Partnern
- + potentielle Anwendungen:
  - Powertrain-Komponenten
  - hochbeanspruchte Bauteile
- + im Rahmen der MAVO „TriboMan“  
Fertigungsintegrierte Reduzierung von Reibung und Verschleiß in Verbrennungsmotoren



## Potenzielle Ansätze für Nanotechnologie am IWU (1)

### Oberflächenbeschichtung mit Nanomaterialien (CNT, weitere):

+ Erzielbare Effekte

- *Erhöhung der Verschleißfestigkeit, Temperaturbeständigkeit, Wz-Standzeiten*
- *günstige Dämpfungseigenschaften* der Beschichtung

+ Mögliche Anwendungen:

- *Werkzeuge der Halbwarm- und Warmumformung*
- *Zerspanungswerkzeuge,*
- *Aktorik*

+ notwendige Untersuchungen:

- Eignung von Werkstoffpaarungen hinsichtlich:
  - *Grundwerkstoff* (Einsatzstähle / hochlegierte Stähle / pulvermetallurgische Stähle / ...)
  - *Mindestschichtdicke* für Eigenschaftsverbesserung
  - *Machbarkeit* mit bestehenden Beschichtungsverfahren

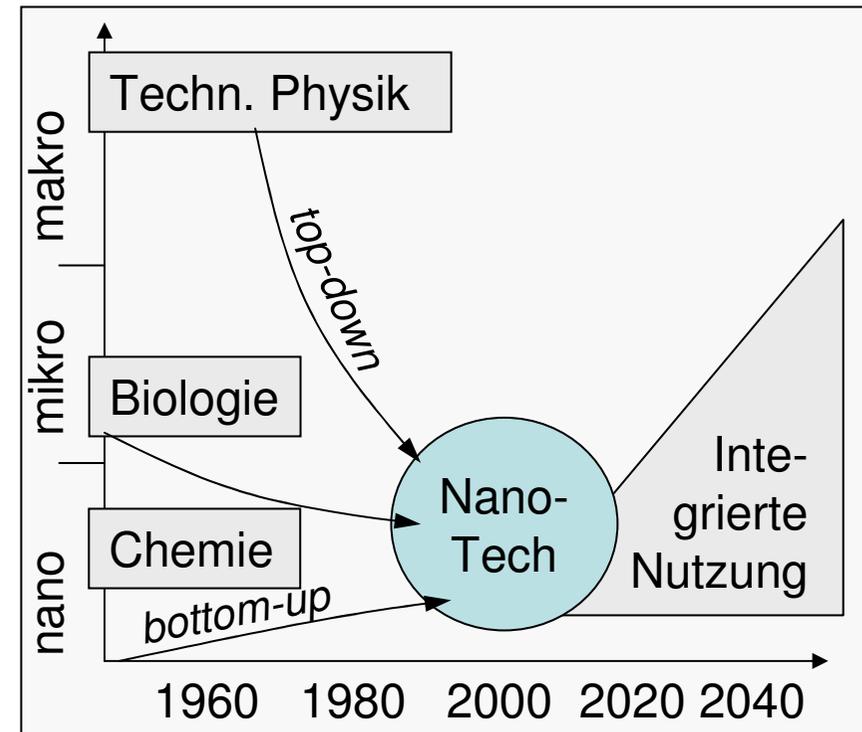
+ Vorarbeiten innerhalb der FhG:

- *IST Braunschweig*
- *ISC Würzburg*

## Potenzielle Ansätze für Nanotechnologie am IWU (2)

### Nanostrukturen von Randschichten und Oberflächen:

- + Erzielbare Effekte
  - *verbesserte technische Eigenschaften* von Werkstoffen und Bauteilen
- + Mögliche Anwendungen:
  - *Umformwerkzeuge*
  - *Zerspanungswerkzeuge*
  - *hoch beanspruchte Bauteile (z. B. im Bereich Powertrain)*
- + notwendige Untersuchungen:
  - *in Frage kommende Technologien*
  - *Nachweis von Nano-Effekten*
- + generell: Vertiefung des top-down Ansatzes



Quelle: VDI TZ



**Vielen Dank für  
Ihre Aufmerksamkeit!**