

# Nachhaltige Nanomaterialien

Prof. Dr. Rüdiger Iden  
nanid scientific consulting  
für BASF SE  
Darmstadt, 14. Sept. 2010

 **BASF**  
The Chemical Company



# BASF Forschung: Megatrends beflügeln Nanotechnologie-Innovationen



Wachsende und  
alternde  
Weltbevölkerung



Verstädterung



Rohstoffe und  
Klimaschutz



Globalisierung &  
Schwellenländer

## Megatrends

**Gesundheit &  
Ernährung**

**Bauen &  
Wohnen**

**Energie &  
Rohstoffe**

**Mobilität &  
Kommunikation**

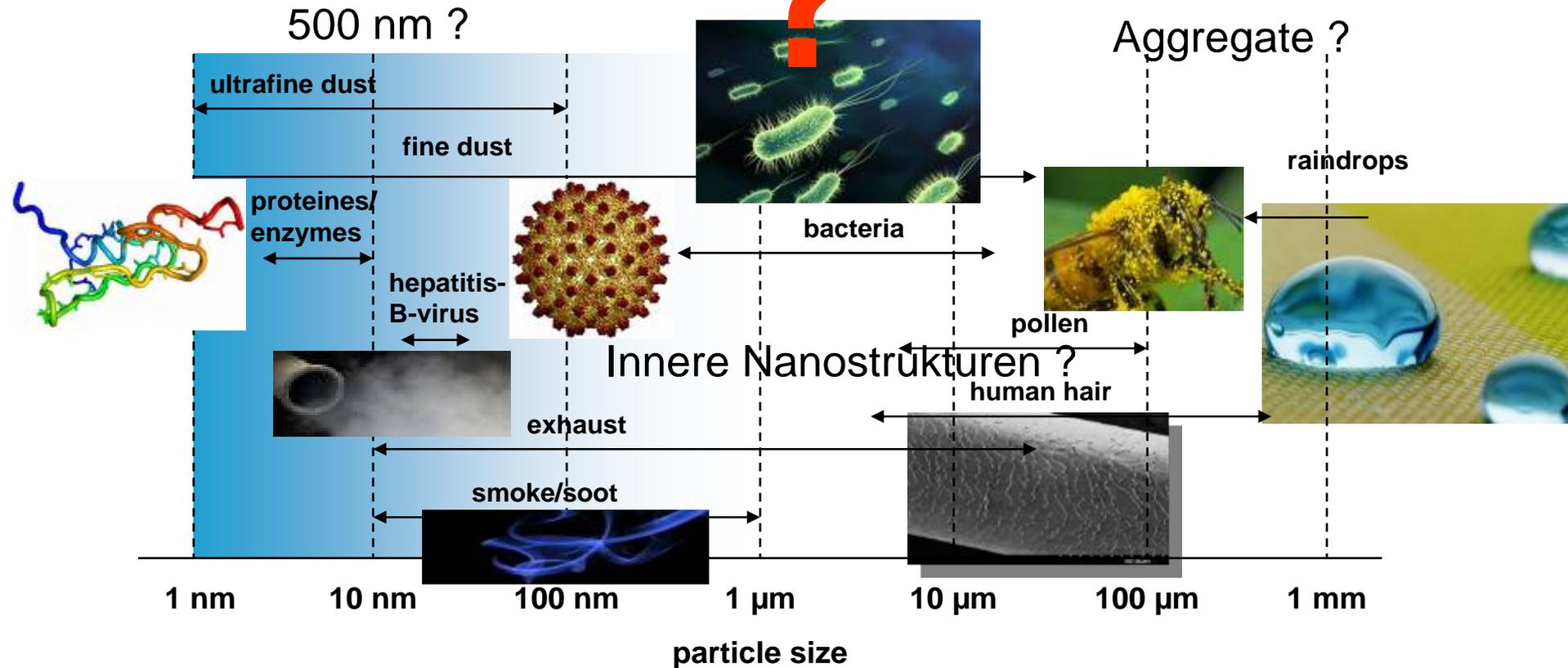
## Wachstumscluster Nanotechnologie

Materialien für Displays, druckbare Elektronik, Lacke, medizinische Geräte

- Was ist Nano-Technologie ?
- Sicherheit differenziert betrachten
- Markterwartung & Forschungs-Investitionen
- Energie, Effizienz und andere Chancen

# Nanotechnologie ist die gezielte Erzeugung von Strukturen < 100 nm, durch die das Material neuartige Eigenschaften gewinnt.

Zum Vergleich: Größenskale 



- **Was ist Nano-Technologie ?**
  - Gezielte Strukturierung < 100 nm mit neuartigen Eigenschaften
- Sicherheit differenziert betrachten
- Markterwartung & Forschungs-Investitionen
- Energie, Effizienz und andere Chancen

# Risiko = Gefahr x Exposition

Große Gefahr !



Große Gefahr, keine Exposition  
→ Geringes Risiko !

# Vorbildliche Diskussion von Chancen und Risiken der Nanotechnologie: Deutschland

- Normung ISO & OECD, VCI, ..
- Nanotruck (BMBF 2004-2008), Nanologue (Deutsches Museum 2007), Ev. Kirchentag (2007), Expertendialoge Verbraucherverbände (2007), Bürgerdialoge (NanoCare 2008)
- BASF Dialogforum (2008 & 2009), u.a. mit Vertretern beider Kirchen.
- **NanoKommission mit Arbeitsgruppen des NanoDialogs (BMU 2006-08, 2009-11)**

## Besorgniskriterien:

Exposition (Staub) gegeben,  
hohe Mobilität, Reaktivität, Persistenz  
oder Toxizität der Materialien

## Entlastungskriterien:

Exposition weitgehend ausgeschlossen  
Materialien eingebunden in Komposit  
Materialien löslich / biologisch  
abbaubar, intrinsisch niedrige Toxizität

- Geringes Risiko von Nano-Oberflächen & Nano-Komposit-Materialien
- Gesunde Haut bietet guten Schutz
- Aufnahme über Magen-Darm-Trakt weniger gut erforscht
- Auswirkungen freier Partikel auf die Umwelt weniger gut erforscht

Teilnehmer am NanoDialog: BMU, BMBF, BLAC, BASF, Henkel, Evonik-Degussa, Nanogate, VCI, BDI, vzbv, BUND, DGB, Wissenschaft → [www.bmu.de/nanokommission](http://www.bmu.de/nanokommission)

# NanoCare: Sachliche Debatte über die Sicherheit von Nanomaterialien

Gain scientifically based insights into the effects of metal oxide nanoparticles on human health and communicate findings to the public.

- Duration 03/2006 – 07/2009
- Project volume: 8 Mill. €
- BMBF: 5.2 Mill. €
- Industry: 2.8 Mill. €



→ BASF is taking part in more than 10 European projects and networks regarding Nanotechnology Safety Issues

→ BASFs Code of Conduct Nanotechnology, commitment to Responsible Care®.

# Klare Regeln für Nanotechnologie

## BASF Verhaltenskodex / Code of Conduct



**Aufgrund unserer Verpflichtung zu Responsible Care® setzen wir klare Regeln:**

Wir identifizieren Gefahrenquellen für unsere Mitarbeiter in Labor, Produktionsanlage, Verpackung und Lagerung, und beheben diese mit angemessenen Sicherheits-Maßnahmen.

Wir nehmen das Risiko von neuen Technologien in Produkten und Prozessen ernst und arbeiten kontinuierlich daran, mögliche Gefahren für Umwelt und Gesundheit zu finden.

Wir verpflichten uns zur Transparenz und tragen konstruktiv zur öffentlichen Debatte und entstehenden Regulierung bei.

- Deutscher Nachhaltigkeitspreis 2008
- Dow Jones Sustainability Index

### Code of Conduct Nanotechnology



Along with offering opportunities, all new technologies also pose risks and this is true for nanotechnology, too. In order to tap into the opportunities offered by technological progress, we want to use new technologies when manufacturing innovative and market-grade products. Only on the basis of these concrete products can a rational assessment be conducted of the potential risks, compared with the opportunities, these products pose. This means that only the willingness to pursue opportunities and risks on a gradual basis will make innovations based on new technologies possible. As an innovative company, we have within this process a special responsibility towards our employees, customers, suppliers and society but also towards future generations. This code of conduct spells out the principles on which our work is based.

1. We, the employees of BASF, develop and use the potential of nanotechnology in order to manufacture products with enhanced performance or new properties using targeted production and the use of new, nanoscale materials.

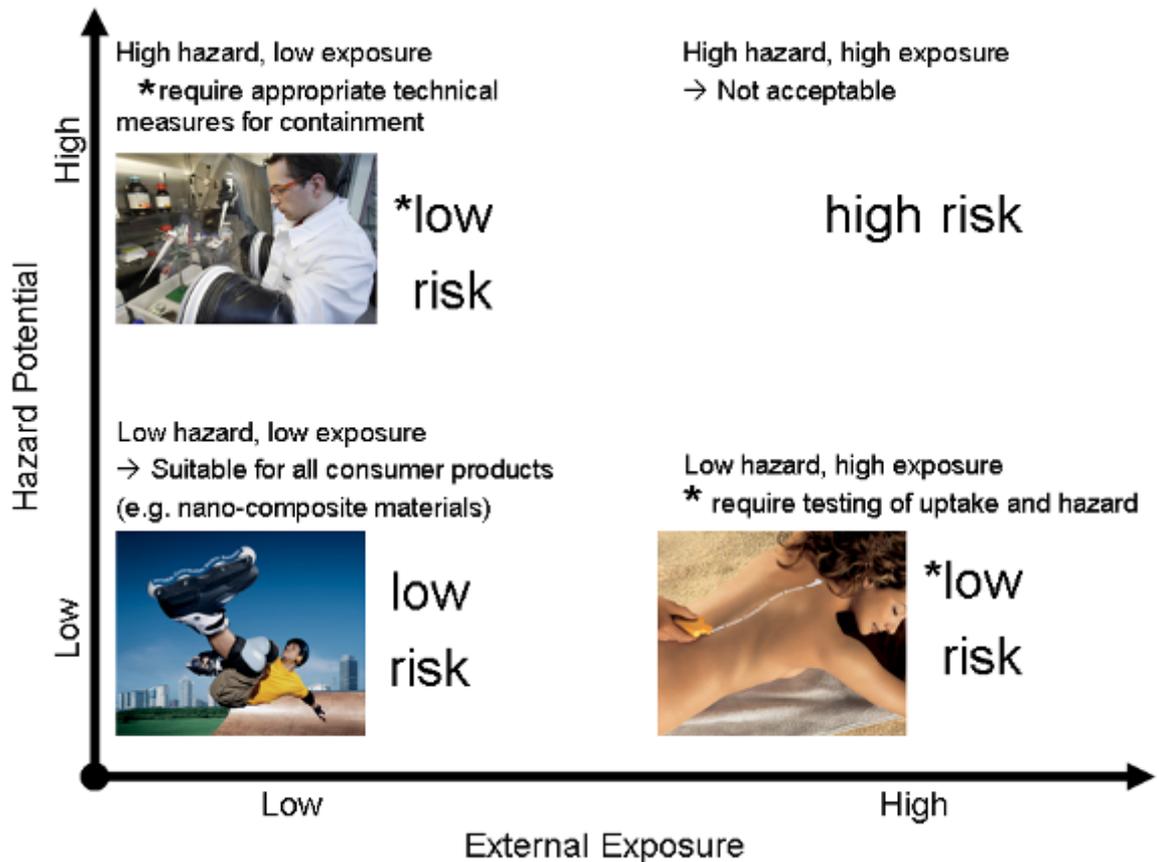
- The protection of human life and the environment is a fundamental principle for our company.
- We identify sources of risk for our employees in our laboratories, production plants, packing facilities and storage facilities and eliminate these using the appropriate measures. In the event of any health and environmental hazards arising as a result of our operations, we take immediate action.

# NanoCare Ergebnis: Risiko Differenzierung

Established that a general nano-specific toxicity does not exist even for the most critical case of nano-dust inhalation.



Risikodifferenzierung auch gemeinsame Basis für Nanodialog



# NanoCare: Verbreitung der Ergebnisse

## Integration von Sicherheitsforschung und Kommunikation



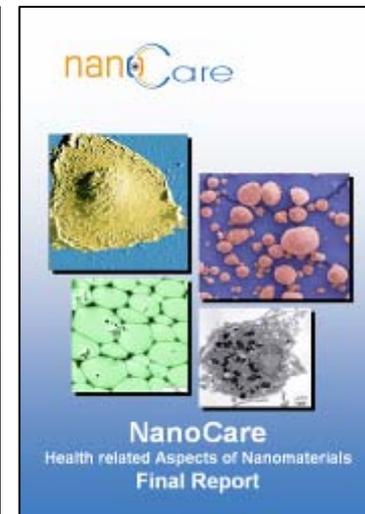
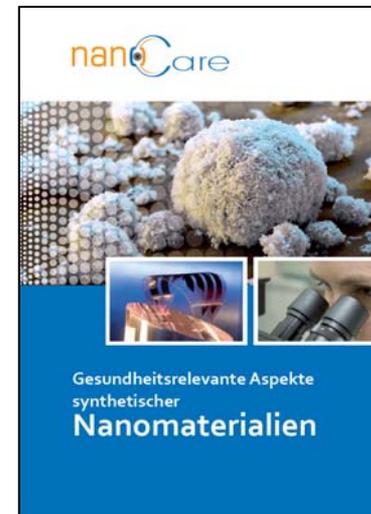
Berlin, June 16-17, 2009: BMBF, BMU + UBA, BAuA, media, academia & public. Final event of 4 public dialogues.

supports BASF's  
dialogue strategy  
[www.basf.com/dialog-nanotechnologie](http://www.basf.com/dialog-nanotechnologie)

NanoCare platform taken over by  
DaNa (BMBF, 2009 to 2013+):  
[www.nanopartikel.info](http://www.nanopartikel.info)



"Final Scientific  
Report" &  
deutschsprachige  
Broschüre



# Die Uninformierten erreichen und die Welle wenden

Are innovations rather a benefit or a risk to society?

→ For nanotech, 27 % cannot answer. Only 11 % see more risks.



# BASF DialogForum Nano

- Goal: building trust, also for crises, as well as contributing to current debates
- Content: current political and societal topics (self-commitment, occupational safety, consumer protection, REACH, communication within the supply chain)
- Participants: BUND, Churches, IÖW, Ökoinstitut, ITAS, VZ-NRW, VZBV, DGB, IGBCE, BASF-working council..
- Start: 2008; open end



# BASF im Dialog mit Stakeholdern



VCI dialogues on occupational safety

Participation in the evangelic church congress in Cologne



Dialogue with employees (together with workers' council and IGBCE)



2004

2005

2006

2007

2008

2008-2009

2010

Nano-Truck



NanoDialogue of the Federal Ministry of the Environment



Kick-off of BASF's Dialogforum Nano with NGOs, churches and consumer groups

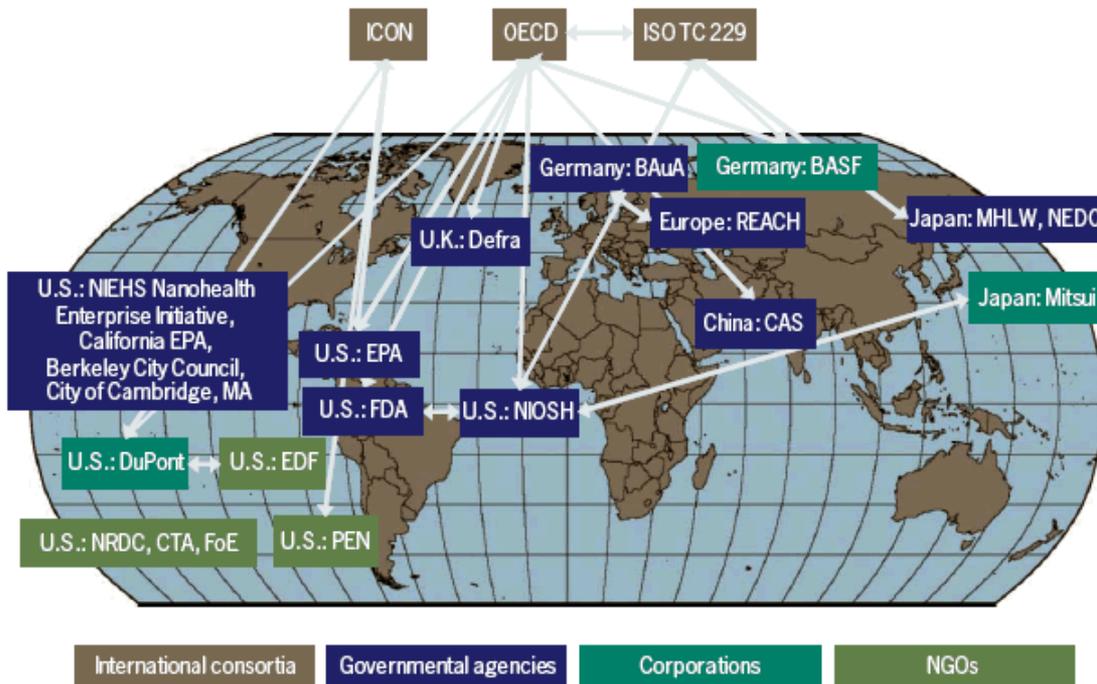


Kick-off of BASF's Dialogforum Nano with NGOs, churches and consumer groups

# Sicherheit von Nanomaterialien

## BASF ist weltweit anerkannt führend

Fig. 4.3.1: Major Nanotechnology EHS Efforts and Their Linkages



- BASF is participating in national and international research projects, with OECD, ISO, ...
- **Key issues 2010:**
  - REACH Implementation Project on Nanomaterials (**RIPoN**)
    - Cefic and BASF are active partners with IOM as leader.
  - **Definition** of nanomaterials for regulatory purposes. Finalized proposal from VCI requires either size or surface trigger.

## ■ Was ist Nano-Technologie ?

- Gezielte Strukturierung < 100 nm mit neuartigen Eigenschaften

## ■ Sicherheit differenziert betrachten

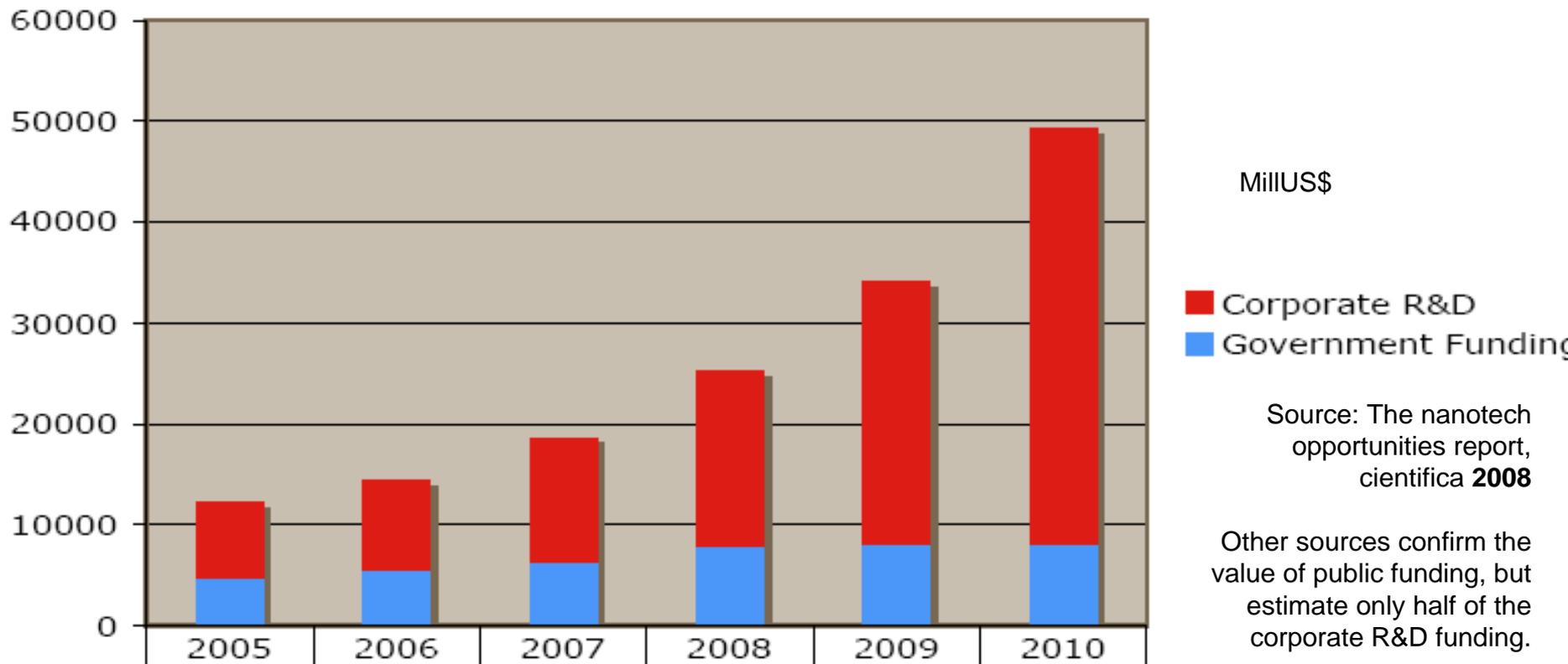
- Staub-Exposition kann (je nach Partikel-Typ) kritisch sein: Arbeitsschutz!  
Kein Risiko von Komposit-Materialien als typischen Verbraucherprodukten.

## ■ Markterwartung & Forschungs-Investitionen

## ■ Energie, Effizienz und andere Chancen

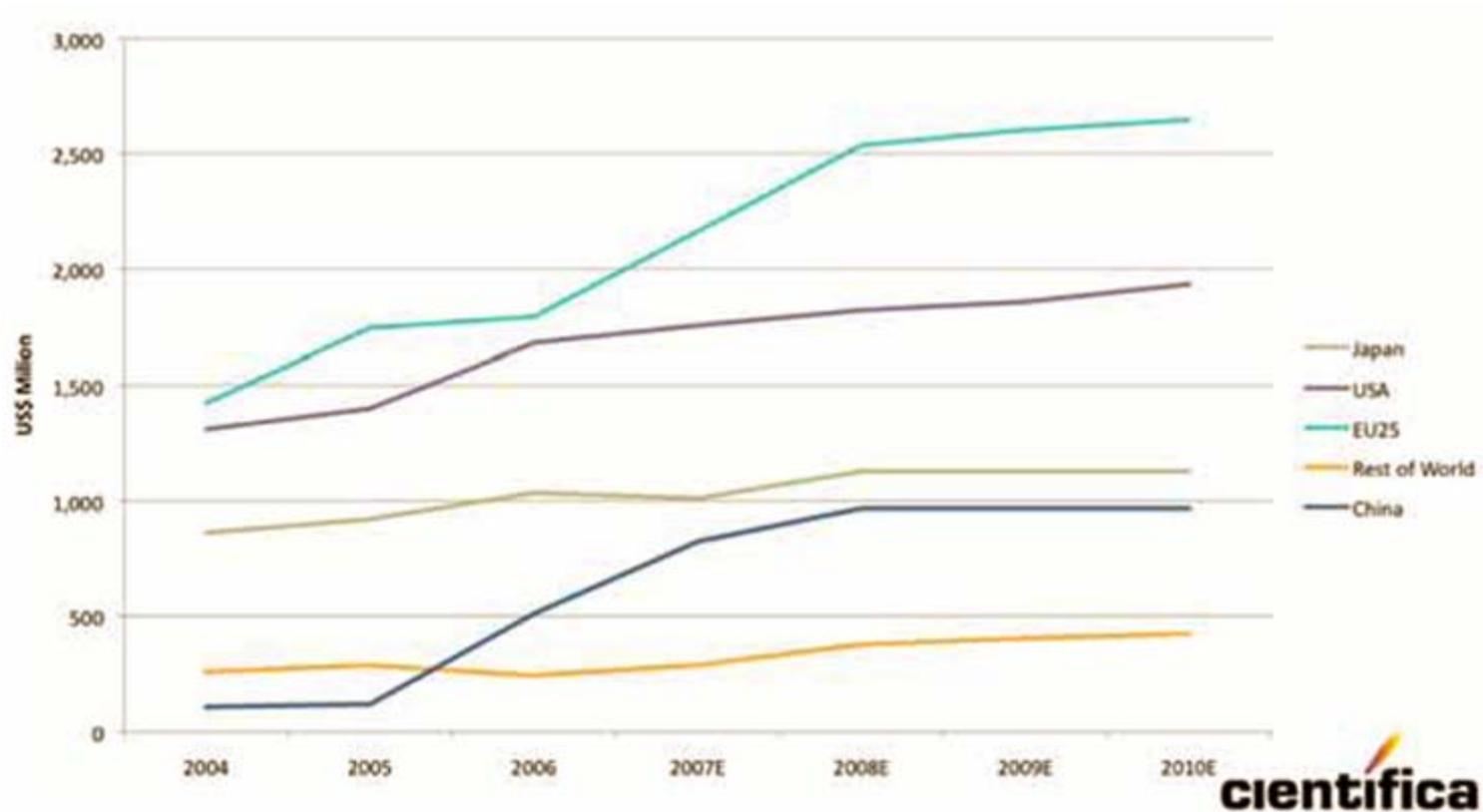
# Zunehmender Transfer von Grundlagenforschung and Start-ups zu etablierten Industrien

- Dominating industries are semiconductor, chemical, pharma, electronics.
- In 2003, corporate R&D was still on par with public funding

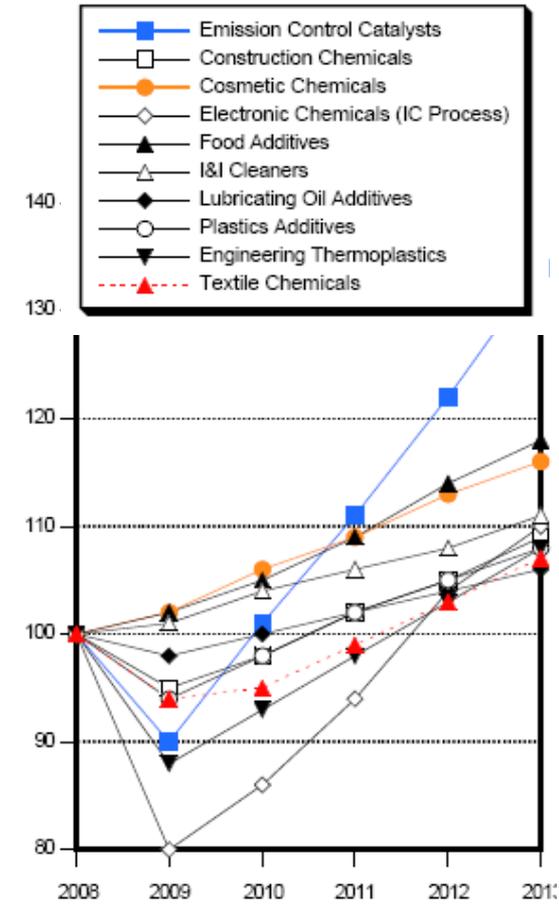
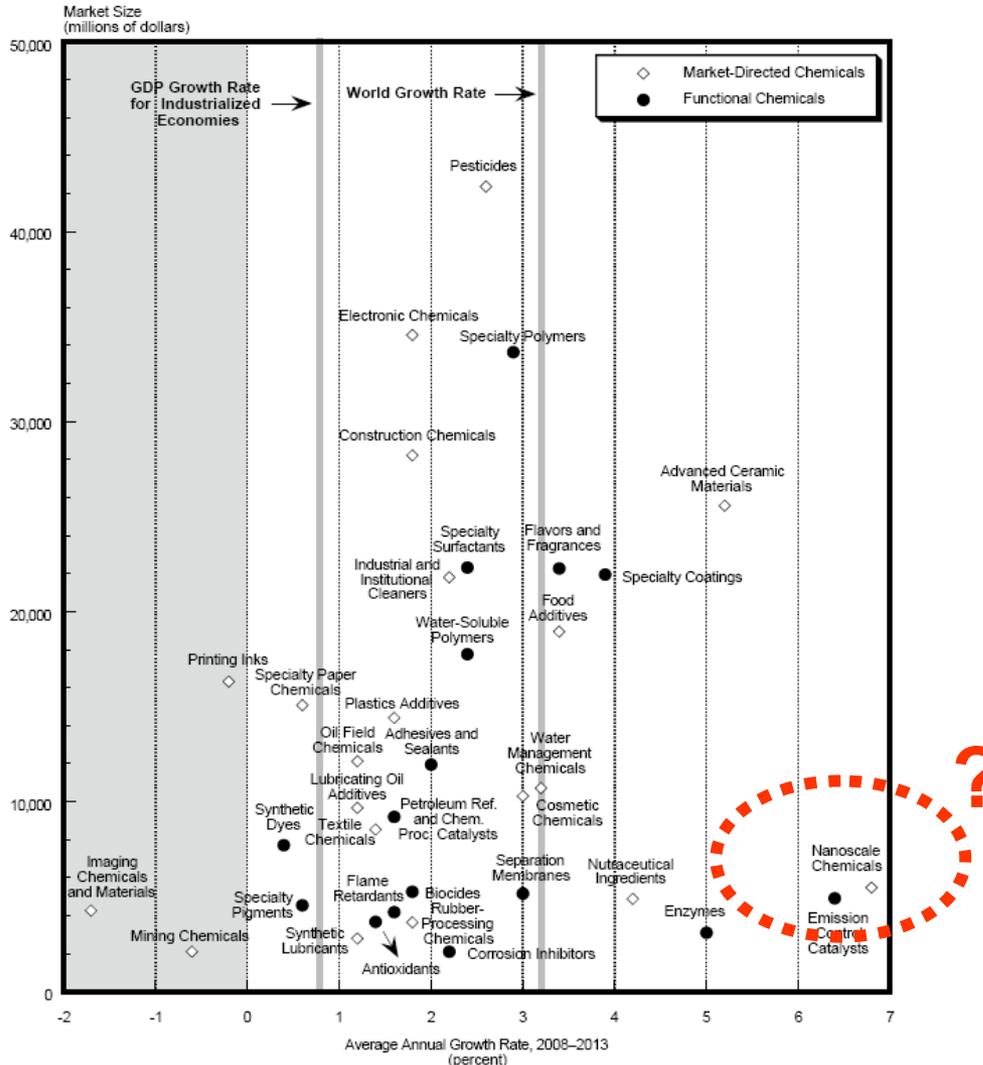


# Öffentliche Förderung flacht ab, da neue Schlagworte wie 'cleantech' kommen

- China and Russia emerge as major funders.
- Corrected for purchasing power parity, China and US are equal behind EU.

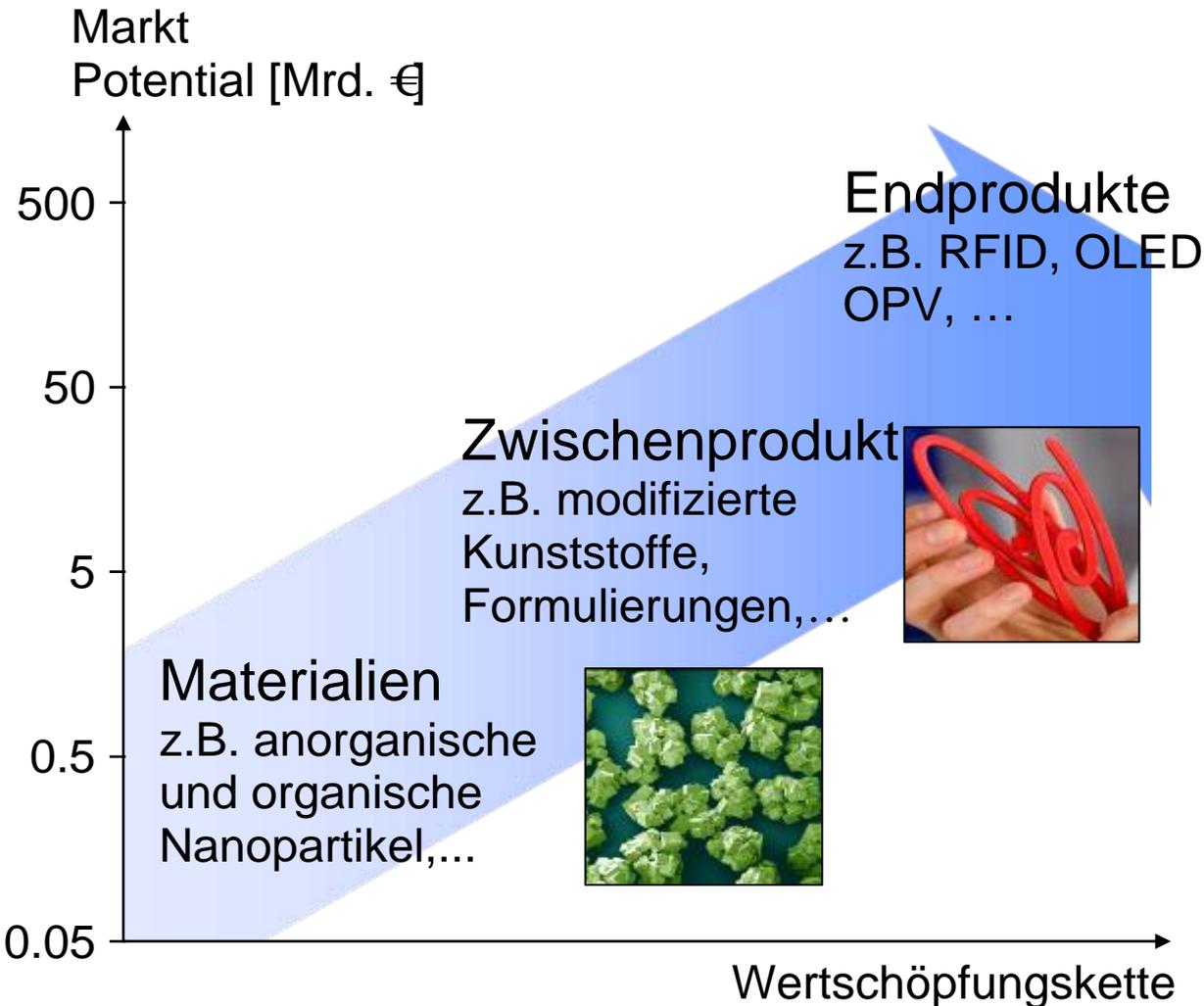


# Nanomaterialien Umsatz €10 Mrd höchstes Wachstum aller Spezialitäten



Specialty Chemicals report, SRI consulting 2009

# BASF relevanter Nano Markt in 2015: 40 Mrd € mit 10-15% Wachstum

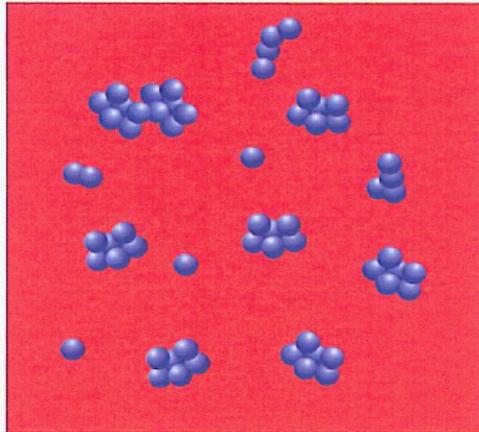


**Wachstumscluster  
Nanotechnologie**

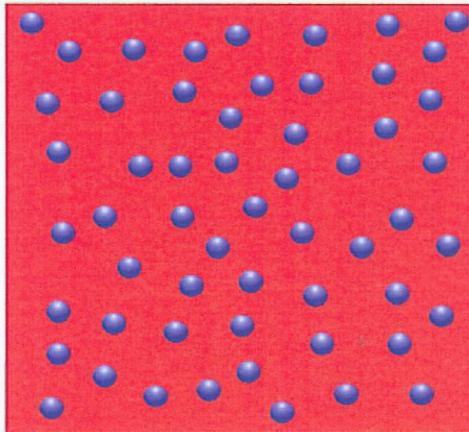
**Forschung für  
> €200 Mio (06-09)  
wird fortgesetzt.**

# Große technische Herausforderung: Homogene Verteilung in org. Matrix → Funktionalisierung

Agglomerat-freie Partikel in Kompositen



vs.



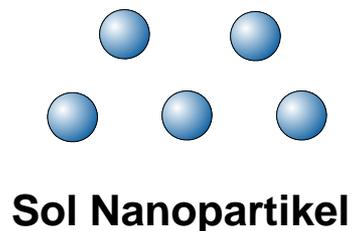
Fließverbesserung

Optische Effekte

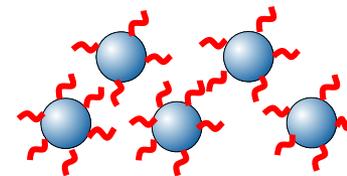
Mechanik

Elektronische Effekte

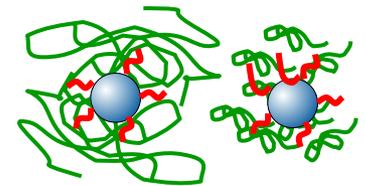
Beispiel: Silika Nanopartikel in PU Elastomer Filmen



Oberflächen -  
Modifikation



Transfer  
in Matrix

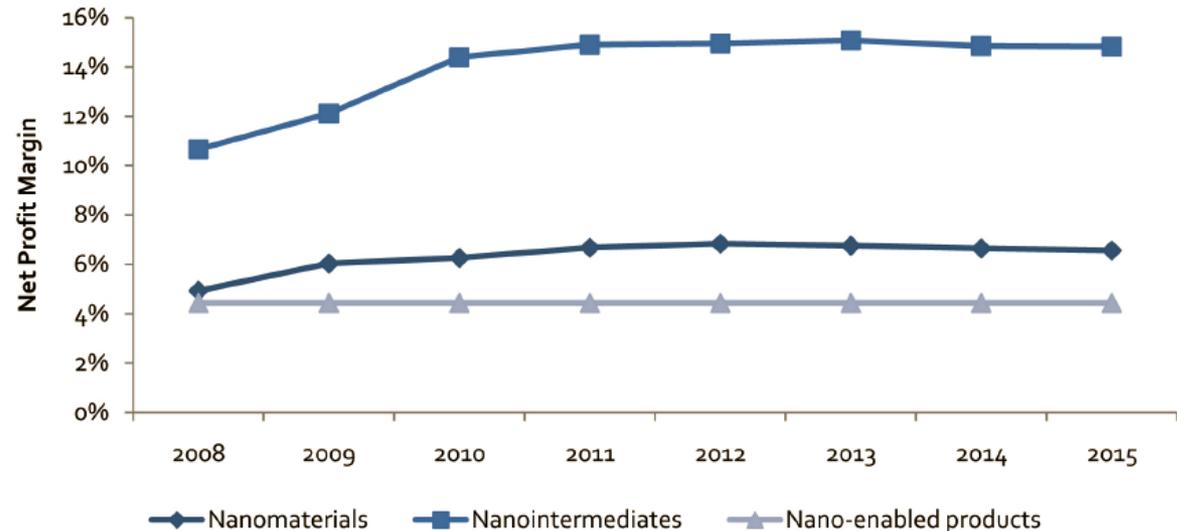


# Nanocomposite :

→ Technologie: dominiert von Oberfläche

→ Wertschöpfung: entscheidend!

- Nanocomposites market is \$ 28 bn (2009) → \$ 500 bn (2015)
- CAGR ~ 60%, three times faster than nanoparticles/fibers/platelets and also faster than nano-enabled products.
- Nanocomposites catch 90% of VC.



„The recession’s ripple effect on nanotech“, Lux Research 2009

## ■ Was ist Nano-Technologie ?

- Gezielte Strukturierung < 100 nm mit neuartigen Eigenschaften

## ■ Sicherheit differenziert betrachten

- Staub-Exposition kann (je nach Partikel-Typ) kritisch sein: Arbeitsschutz!  
Kein Risiko von Komposit-Materialien als typischen Verbraucherprodukten.

## ■ Markterwartung & Forschungs-Investitionen

- 2015 Nano-Markt 750 Mrd €, davon chemische Komposite 40 Mrd €

## ■ Energie, Effizienz und andere Chancen



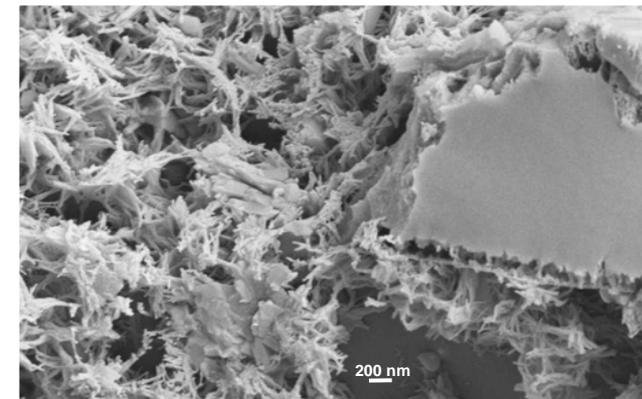
# Energiearme Baustoffe: X-SEED

## eine neue Generation Betonhärtungs Beschleuniger

- **Innovative Solution:**
  - Accelerated high early strength development (earlier demoulding, 2x as fast)
  - Effective at very low curing temperatures
  - Keeping or increasing ultimate strength and durability aspects



- Enabling a more **Sustainable Concrete Production:**
- Minimize or eliminate heating: ~ 25% of annual Precast concrete in Europe is produced with extra heat
- Reduce investments and running costs of curing
- Energy consumption and CO<sub>2</sub> emissions reduced
- Compatible with all BASF segment technologies, e.g. **Zero Energy System** or **Smart Dynamic Concrete**.



# Ressourcenschonende Mobilität

- With our products and solutions for the automotive industry we contribute to a eco-friendly and comfortable mobility, today and in the future.
- Our products ranges from:
  - Catalysts,
  - Particle filters,
  - Fuel additives,
  - Plastics,
  - Coatings and
  - Chemicals for automotive textiles
- In this way, we improve comfort, enhance performance, reduce fuel consumption, ensure more safety and lower emissions.



## Verbundprojekte:

- BMBF: Inno.CNT
- BMBF: LiB2015
- BMWi: LINACORE

# BASF in Aktion: OLEDs – Organic light-emitting diodes revolutionieren die Beleuchtung

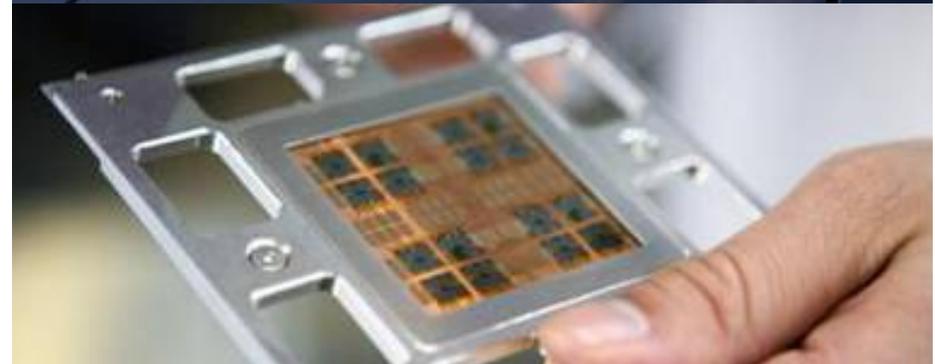
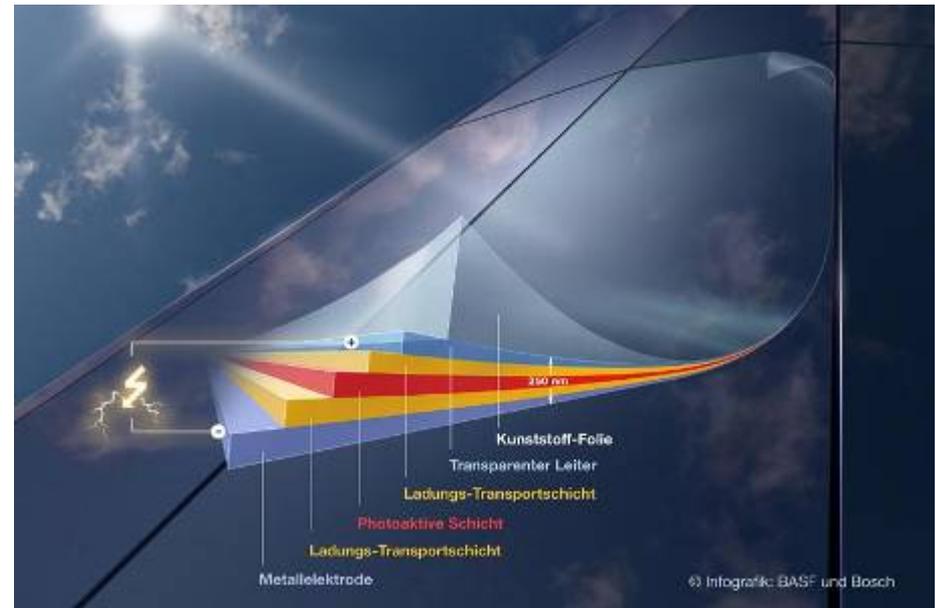
- OLEDs offer completely new possibilities for lighting systems
- Electricity consumption can be halved and lighting costs reduced
- BASF is conducting research on organic electronics together with partners from industry and universities



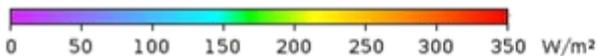
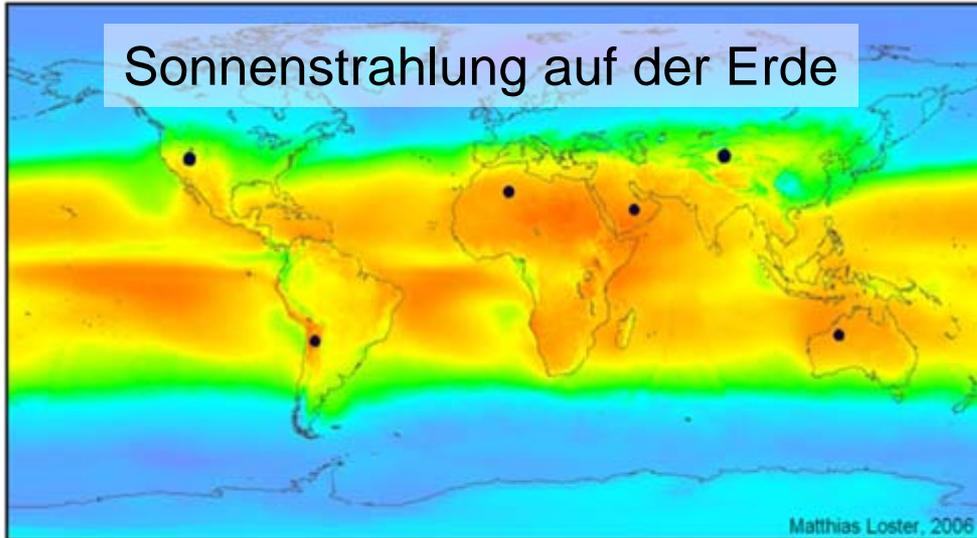
# BASF in Aktion: Elektrizität der Zukunft – Organische Photovoltaik

- Forschung und Entwicklung für Solarzellen auf Basis organischer Halbleiter
- Vorteile der organischen Solarzellen:
  - Geringe Produktionskosten
  - Flexibel und dünn für Dächer, Fenster, Fassaden
  - Ernten die Lichtenergie über mehr Helligkeitsstufen

→ Förderung BMBF: Spitzencluster  
→ BASF + KIT: IP3-Labor



# Organische Photovoltaik: Konkurrenzfähiger Wirkungsgrad >10% ist nur mit Nanotechnologie erreichbar



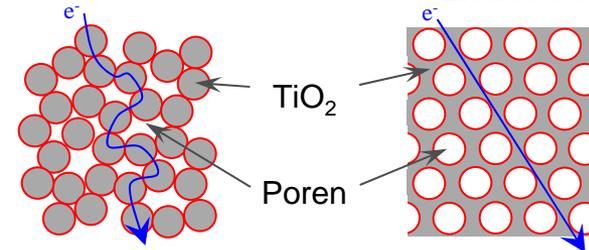
$\Sigma \bullet = \text{ca. } 900,000 \text{ km}^2$

mit Solarzellen von  
10 % Wirkungsgrad: **22 TW\***

\* Globaler Energiebedarf ~ 28 TW (2050)

Struktur der Grenzflächen entscheidend  
für Leistungsfähigkeit der Solarzelle

Nicht strukturiert: geringe  
Elektronenmobilität      Nano-strukturiert: optimierter  
Elektronenfluss



kürzere Verweildauer der Elektronen  
im Film



geringere Elektron-Loch  
Rekombination = weniger Verluste

# Materialien für globale Herausforderungen im 7. Rahmenprogramm

## Energy generation, storage & electronics

- batteries
- OPV incl printable electronics
- efficient lighting 
- interfaces: charge transport

## Environment, health bio-nano interactions

- materials-based sustainable life-cycle of drugs (incl. recovery)
- catalysts for clean air
- nanomembranes
- nanocomposite life cycle, EHS

## Energy efficiency

- lightweight plastics for easy joining & thermosets
- tyres for fuel efficiency and safety
- construction materials optim.

## Smart and resistant materials

- Smart coatings for robust building exteriors
- durable materials in ionic liquids & high temperatures
- novel tools to predict and analyze corrosion cracking

# Die Energie der Zukunft ?

## Herausforderungen

- **Ökonomie** (Endlichkeit der fossilen Brennstoffe)
- **Ökologie** (Klimawandel)
- **Politik** (Importabhängigkeit)

## Technologische Ansätze

- **Nanotechnologie**
- Prozess-Steuerung
- Systemintegration
- Katalyse

## Lösungen

- Energie-Speicherung:  
**Batterien**
- Energie-Quellen:  
**Photovoltaik**

- Energie-Effizienz:  
**Nanoschäume, OLEDs,...**
- Energie-Umwandlung:  
**Brennstoffzellen**

## ■ Was ist Nano-Technologie ?

- Gezielte Strukturierung < 100 nm mit neuartigen Eigenschaften

## ■ Sicherheit differenziert betrachten

- Staub-Exposition kann (je nach Partikel-Typ) kritisch sein: Arbeitsschutz!  
Kein Risiko von Komposit-Materialien als typischen Verbraucherprodukten.

## ■ Markterwartung & Forschungs-Investitionen

- 2015 Nano-Markt 750 Mrd €, davon chemische Komposite 40 Mrd €

## ■ Energie, Effizienz und andere Chancen

- Nanotechnologie ist essentiell für die Energierevolution (Photovoltaik, Batterien, Brennstoffzellen...); noch größere Umweltentlastung über Effizienzsteigerungen realisierbar (Beleuchtung, Produktion...)

# Nanotechnologie leistet Beiträge zu den Megatrends

## Gesundheit & Ernährung

Nanostrukturierte Oberflächen zur Verhinderung von Biofilmen, Nanoformulierungen von Wirkstoffen zur Erhöhung der Bioverfügbarkeit

## Bauen & Wohnen

Kostengünstige, langlebige nanostrukturierte Baustoffe, langlebige anschmutzresistente Fassadenfarben

## Energie & Rohstoffe

Nanometerdicke Schichten aus organisch halbleitenden Materialien für OLEDs und wirtschaftliche Solarzellen, ressourceneffiziente nanostrukturierte Oberflächen

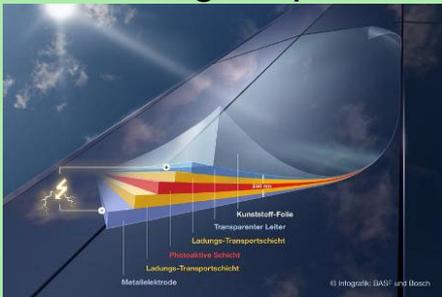
## Mobilität & Kommunikation

Nanomaterialien für neue Antriebe, kostengünstige druckbare Elektronik zur Rückverfolgbarkeit von Güterströmen

# Zusammenfassung Nanotechnologie und Umwelt

## Gezielt positive Innovation: Energierevolution

- Regenerative Energien
- Neue Energie-Speicher



## Ersatz & Entfernung von Schadstoffen

- Sanierung von Böden
- Wasseraufbereitung
- Antimikrobielle Oberfläche

## Indirekt positive Innovation: Effizienzsteigerung

- Effizientere Produkte
- Langlebigere Produkte



- Ressourcen- & Energieeffiziente Prozesse

## Ungewollt negative Effekte: Risiko = Gefahr x Exposition

- Arbeitssicherheit
- Produktsicherheit
- Umwelteffekte



→ [www.basf.com/dialog-nanotechnologie](http://www.basf.com/dialog-nanotechnologie)

# Nanotechnologie - die Querschnittstechnologie

## High Tech Strategie der Bundesregierung



**Wertschöpfung in Deutschland generieren** – Verwertung und Transfer durch Leitinnovationen und Innovationsallianzen, KMU-Einbindung, um in Deutschland High-Tech zu produzieren und damit Arbeitsplätze zu schaffen

**Deutsche Stärken ausbauen** – Fokussierung auf Energie, Umwelt und Gesundheit

**Das Wagnis fördern und fordern** – Finanzierung für Firmengründer (VC, Anschlussfinanzierung) mit einer Gründermentalität und Start-Up Szene

**In das Kapital der Nanotechnologie investieren** – kluge Köpfe durch Ausbildung und Qualifizierung von Fachkräften, damit Unternehmen in der Nanotechnologie forschen und mit ihr Produkte entwickeln und diese vertreiben können

**Verantwortungsvoll umgehen und mögliche Risiken untersuchen** – Nachhaltigkeit durch Untersuchungen möglicher Risiken und einen offener Dialog aller Beteiligten

**Starke Partnerschaften bilden und übergreifend zusammenarbeiten** – Forschung–Wirtschaft–Politik müssen zusammenarbeiten. Die Nanotechnologie soll in verschiedenen BMBF-Prioritäten sichtbar werden und die „Nanoinitiative 2010“ weiter ausgebaut werden

**Zukünftigen Marktzugang sichern** – Rahmenbedingungen setzen und Fragen der Standardisierung und Normierung in der Nanotechnologie auch politisch betreiben



Unsichtbarer Beitrag. Sichtbarer Erfolg.

**Unsichtbarer Beitrag** – Was gute Bergseile ausmacht, sehen höchstens Experten. Denn wie so viele Produkte verdanken sie ihre Qualität einem versteckten Beitrag. Unsere Performance-Materialien machen sie so strapazierfähig und reißfest, dass Kletterer ihnen sogar ihr Leben anvertrauen.

**Sichtbarer Erfolg** – Lösungen wie diese entwickeln und optimieren wir als Partner vieler Industriezweige gemeinsam mit unseren Kunden. Die Ergebnisse unseres Beitrags können sich sehen lassen: Mal sind es optimierte Prozesse, höhere Qualitäten, mal reduzierte Kosten. So tragen wir zum Erfolg unserer Kunden bei. Und zu mehr Lebensqualität für alle.  
[www.basf.de/more](http://www.basf.de/more)

CHEMIKALIEN  
KUNSTSTOFFE  
VEREDLUNGSPRODUKTE  
PFLANZENSCHUTZ UND ERNÄHRUNG  
OL UND GAS

 **BASF**  
The Chemical Company