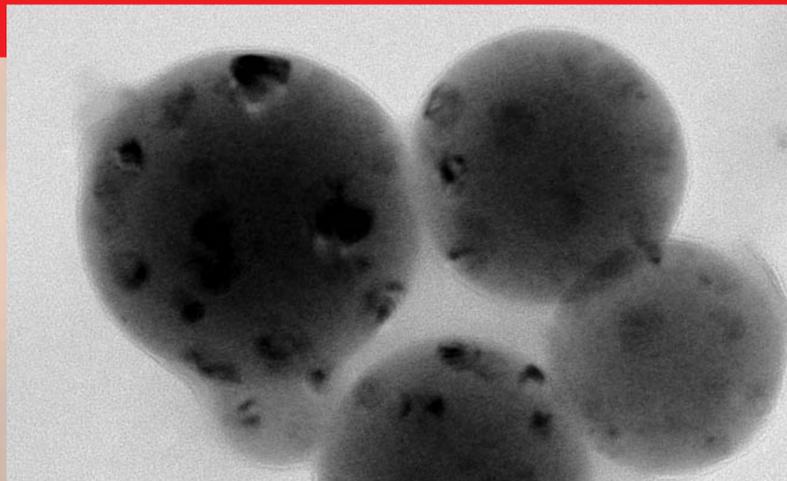


# Feinste Pulver aus der Flamme



*In Flammen mit unterschiedlichen Ausgangsstoffen und Grössen lassen sich Nanopartikel in verschiedenen Mengen, Formen und Zusammensetzungen herstellen.*



*Nanopartikel unter dem Elektronenmikroskop. Die Partikel bestehen aus zwei Komponenten, die sich nicht gleichmässig vermischen. Die entsprechenden Entmischungsstellen erscheinen dunkel.*



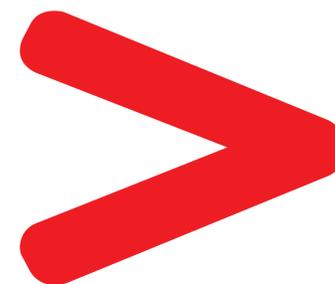
*Nanopulver aus Oxiden sind das Ausgangsmaterial für zahlreiche Produkte.*

## **Anwendungsbereiche**

Nanopartikel aus Oxiden  
Flamme für chemische Reaktionen  
Funktionelle Füllstoffe  
Höchste Wechselwirkung  
Einzelpartikel und Zusammenballungen  
Verwendung in der Keramik wie auch im Ketchup



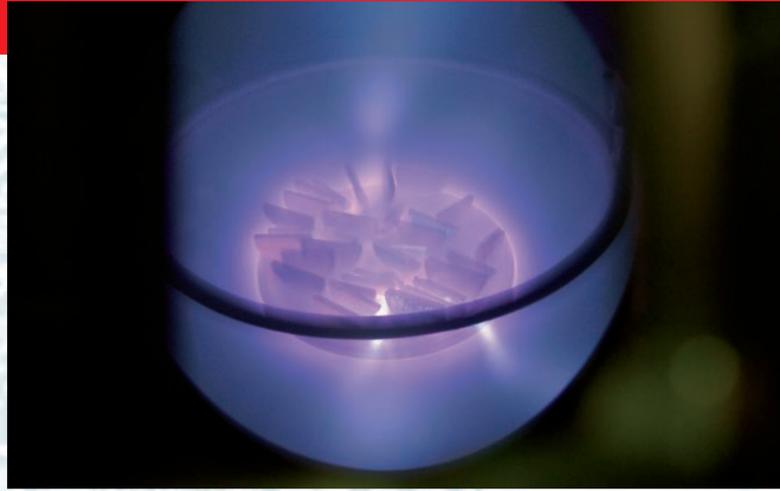
Materials Science & Technology



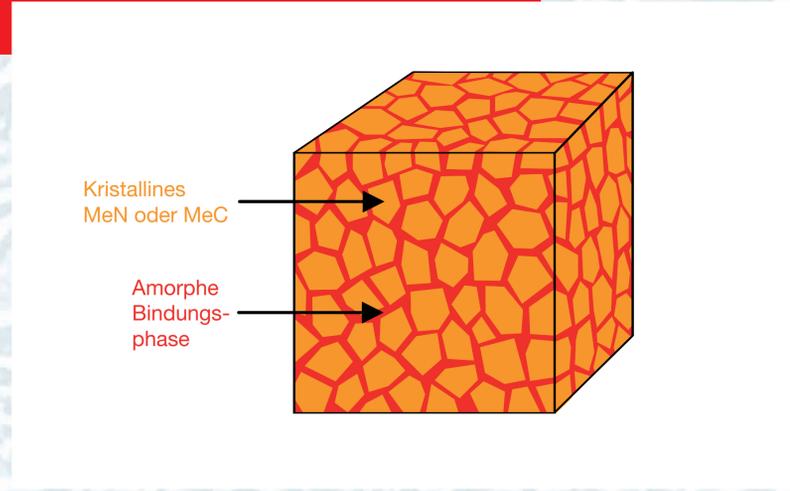
# Gegen den Verschleiss: Harte, transparente Schichten durch Nanostrukturierung



Diese Beschichtungen, die meistens nur einige 100 Nanometer bis Mikrometer dick sind, bestehen typischerweise aus einem Metall-Nichtmetall-Verbund und sind an ihrer besonderen Färbung erkennbar.



Der Beschichtungsprozess «Sputtern» findet im Vakuum statt. Ein «Plasma» aus ionisiertem Gas trägt Material aus einer hochreinen Quelle ab und deponiert dieses auf der ganzen Oberfläche des Werkstückes, unabhängig von dessen Form. Diese Art der Beschichtung wird sehr häufig in der Industrie eingesetzt. .



Die sog. «Nanokomposite» oder «nanostrukturierten Beschichtungen» werden durch Einbetten von kleinen, harten Kristallen in einer Bindungsphase gebildet. Diese spezielle Struktur macht es möglich, dass die Beschichtungen fester als Diamant sein können.

Es besteht weiterhin die Möglichkeit, durch eine spezielle Wahl der Materialkomposition die Beschichtung transparent zu machen. Je nach Materialkomposition und Dicke können diese Beschichtungen für neue Anwendungen wie zum Beispiel kratzresistentes Fenster- und Brillenglas oder als dekorative (farbige) Glaselemente eingesetzt werden. Ein grosser Vorteil dieser Materialien ist die billige Herstellung der Beschichtungen.

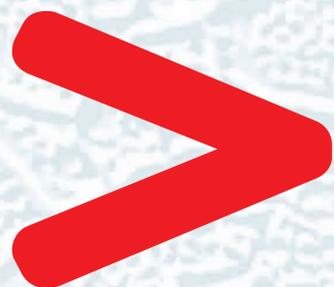


## Anwendungsbereiche

Seit den 70er-Jahren werden industrielle Bohr- und Schneidwerkzeuge durch Beschichtung mit harten und oxidationsresistenten Schichten gegen Verschleiss geschützt.

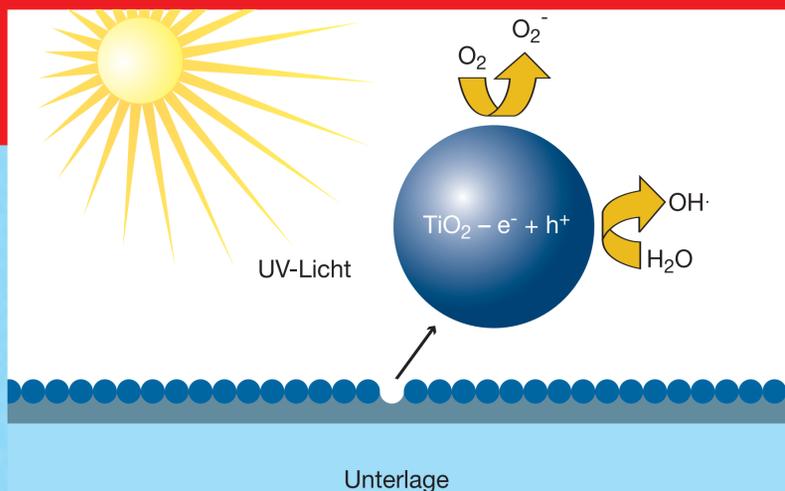


**EMPA**   
Materials Science & Technology

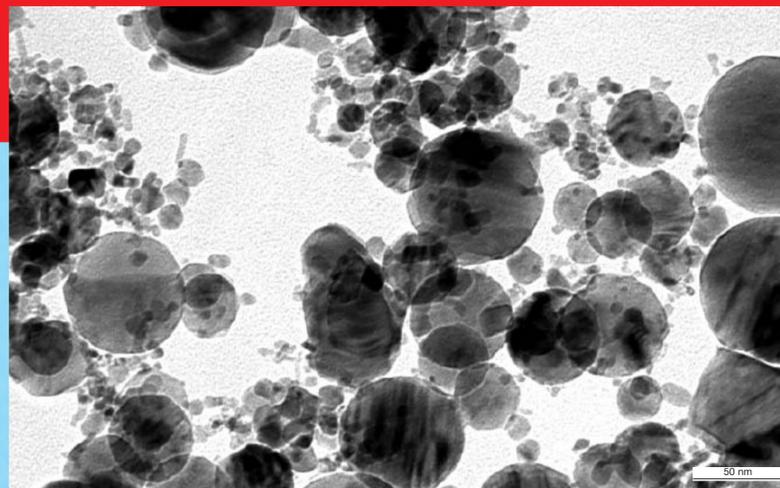


# Photokatalyse

## Licht reagiert mit Keramik



Schema der Absorption von Licht (Photonen) am Halbleiter Titandioxid, was Elektronen (e<sup>-</sup>) und Elektronenlöchern (h<sup>+</sup>) freisetzt. Diese wiederum reagieren mit Wasser und Sauerstoff unter Bildung von reaktiven Radikalen.



TiO<sub>2</sub>-Nanopartikel, hier unter dem Elektronenmikroskop, sind dank ihrer riesigen Oberfläche besonders aktiv.



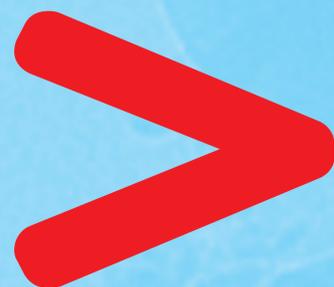
Die Beschichtung der Aluminiumfassade mit Titandioxid macht das Gebäude der YKK Corporation (Japan) praktisch selbstreinigend.

### Anwendungsbereiche

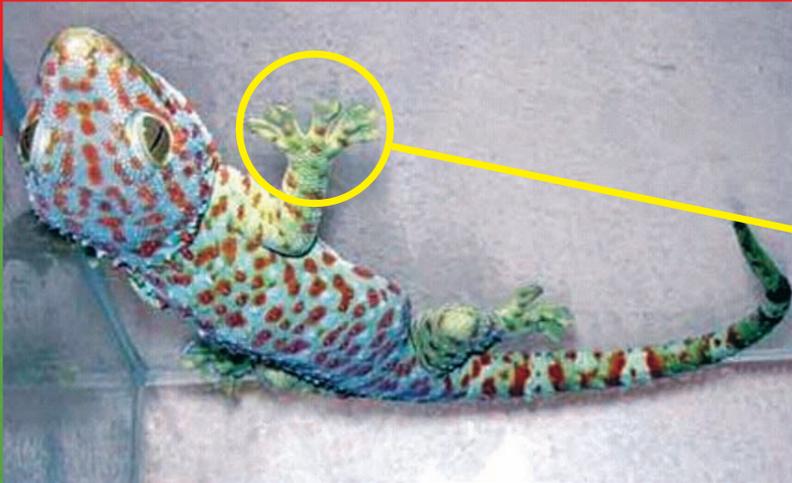
*Halbleiterpartikel als Katalysator*  
*Lichtabsorption und chemische Reaktion*  
*Reinigung von Luft*  
*Wasserfilm statt Wassertropfen*  
*Abbau von Bakterien*  
*Saubere Oberflächen*



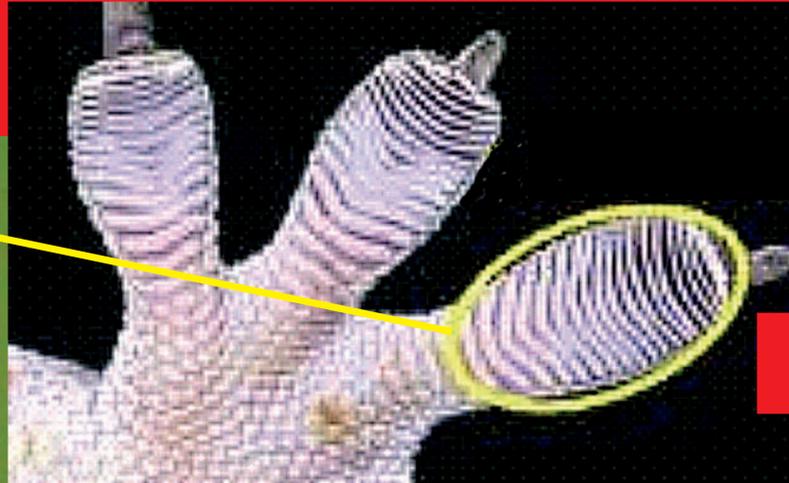
Materials Science & Technology



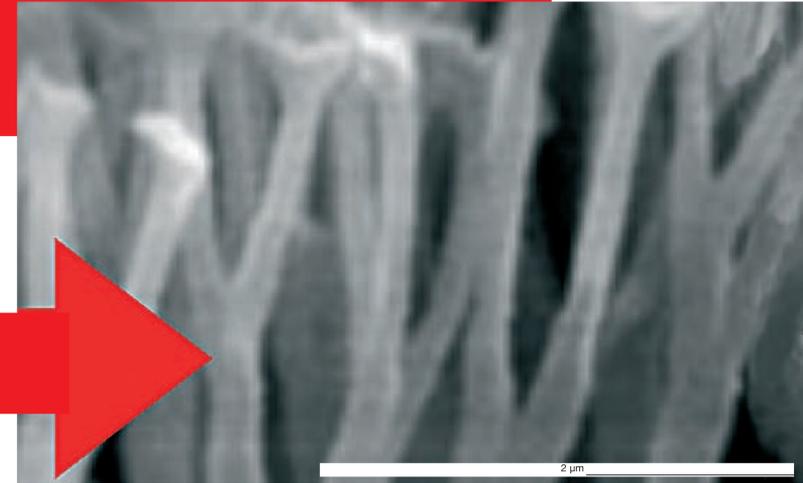
# Nano-Bausteine mit Mega-Wirkung



Der Gecko macht sich die Kräfte der Nanostrukturen an seinen Füßen beim Klettern zu nutze. Dank der Kleinheit der «Saugnäpfe» wirken riesige Haftkräfte.



Unterseite der Füße eines Geckos.



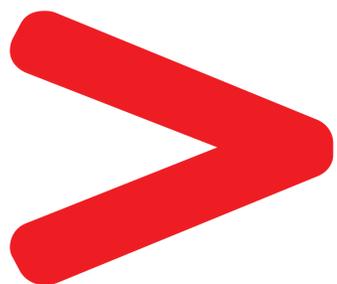
Die Vergrößerung der Fussunterseite unter dem Elektronenmikroskop zeigt viele kleinste «Saugnäpfe».

## Anwendungsbereiche

Strukturen aus nanoskaligen Bausteinen  
Extrem schnell reagierende Oberflächen  
Einbettung und Anbindung  
Unsichtbare Bausteine  
Neuartige Eigenschaften  
Für Lacke oder Zahnfüllstoffe



Materials Science & Technology



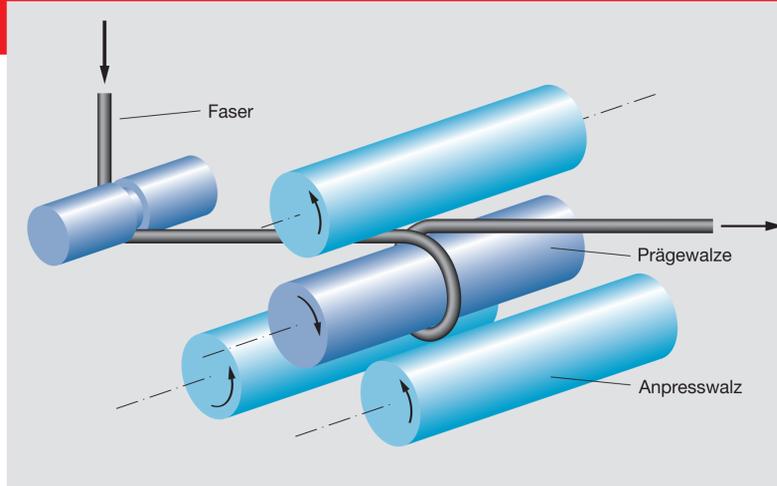
# Mikrogeprägte Fasern

Kontrolle von Reibungseigenschaften und Feuchtigkeitshaushalt

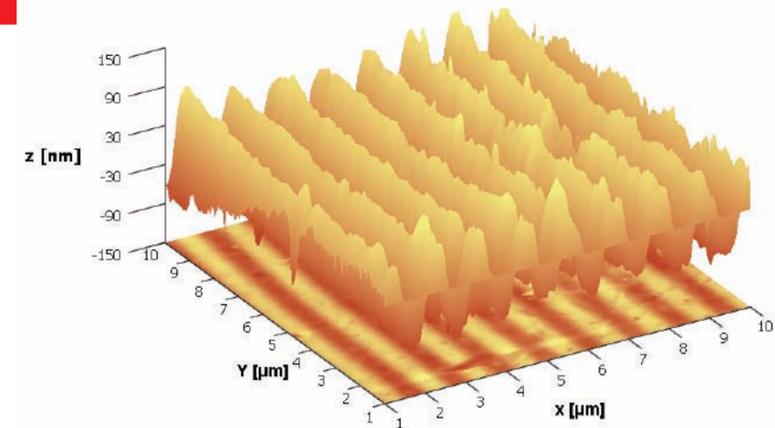


**Faser-Schmelzspinnanlage**

Streckeinheit und Wickler

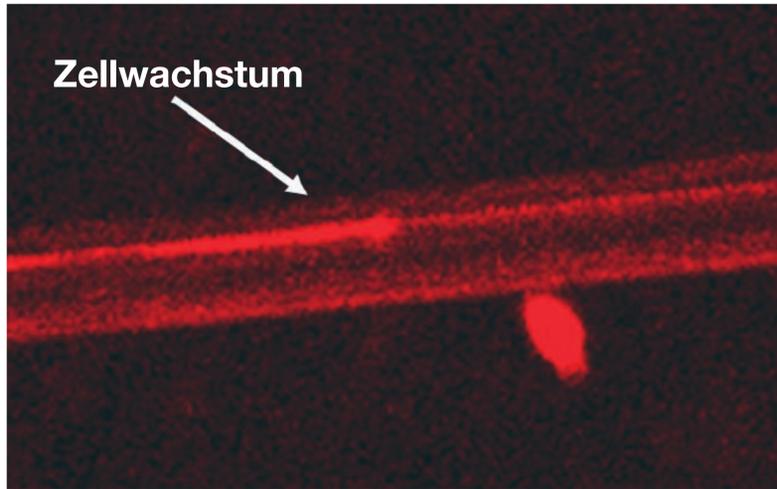


Strukturierung durch Heissprägung



**AFM-Analyse nach Prägung**

Mikrofurchen und Nanoamplitude!

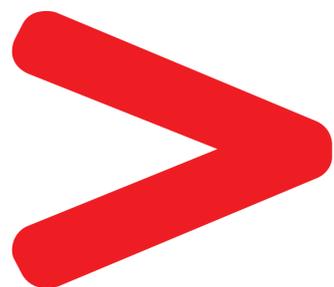


## Anwendungsbereiche

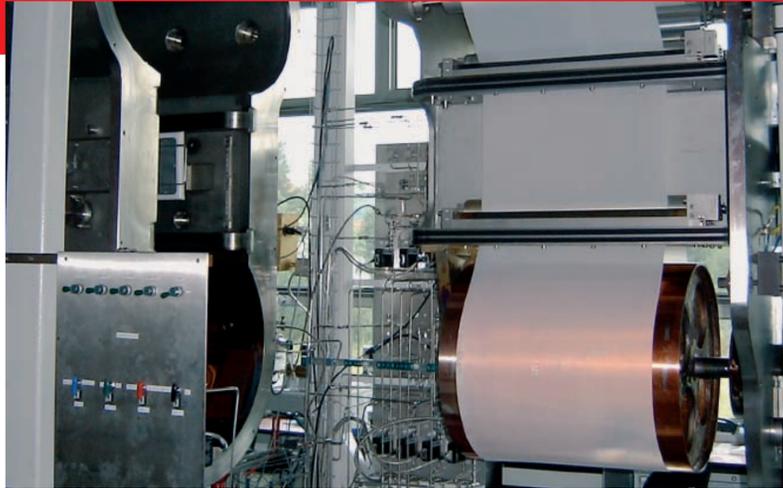
Sporttextilbereich: Feuchtigkeitstransport  
Medizinalbereich: gerichtetes Zellwachstum  
Kontrollierte Reibung: reduzierte  
Blasenbildung



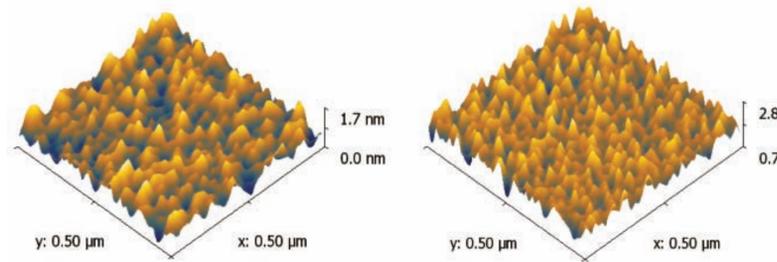
Materials Science & Technology



# Nanoporöse Oberflächen für Fasern mit optimierten Eigenschaften



Plasmabeschichtungsanlage



Oberflächenanalyse liefert Porosität

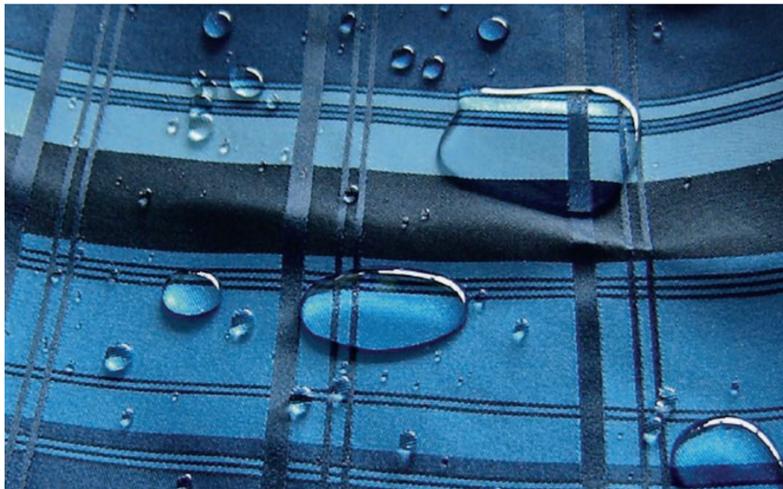
Original

Plasma-  
aktiviert

Plasma-  
beschichtet

gefärbt mit C.I. Acid blue 127:1  
(Anbindung an Amino-Gruppen)

hydrophobe Stoffschicht



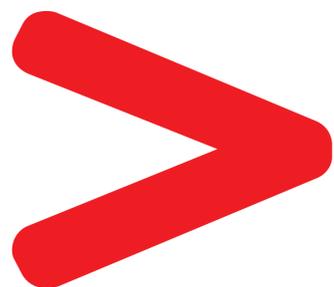
hydrophile Stoffschicht



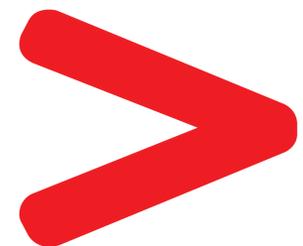
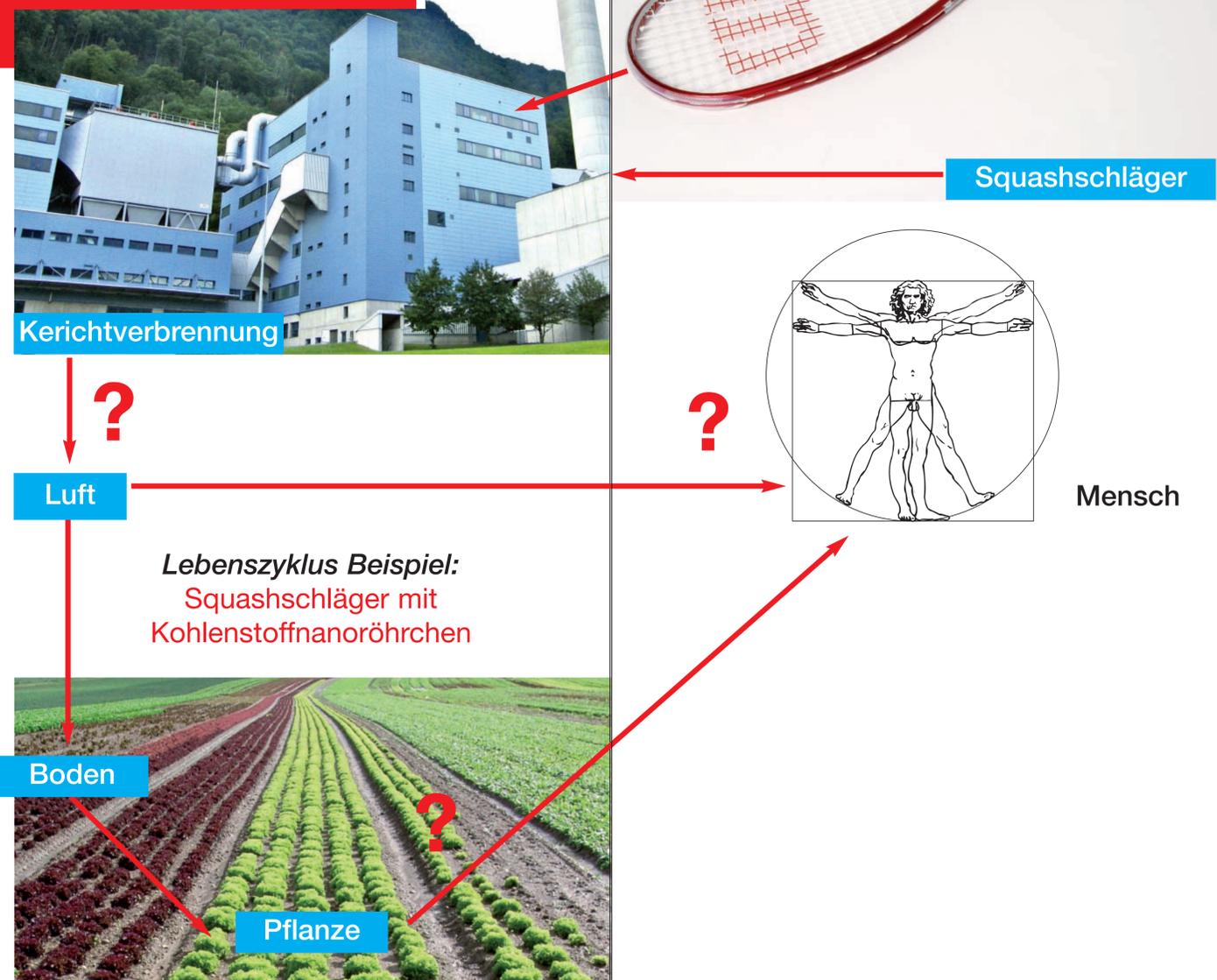
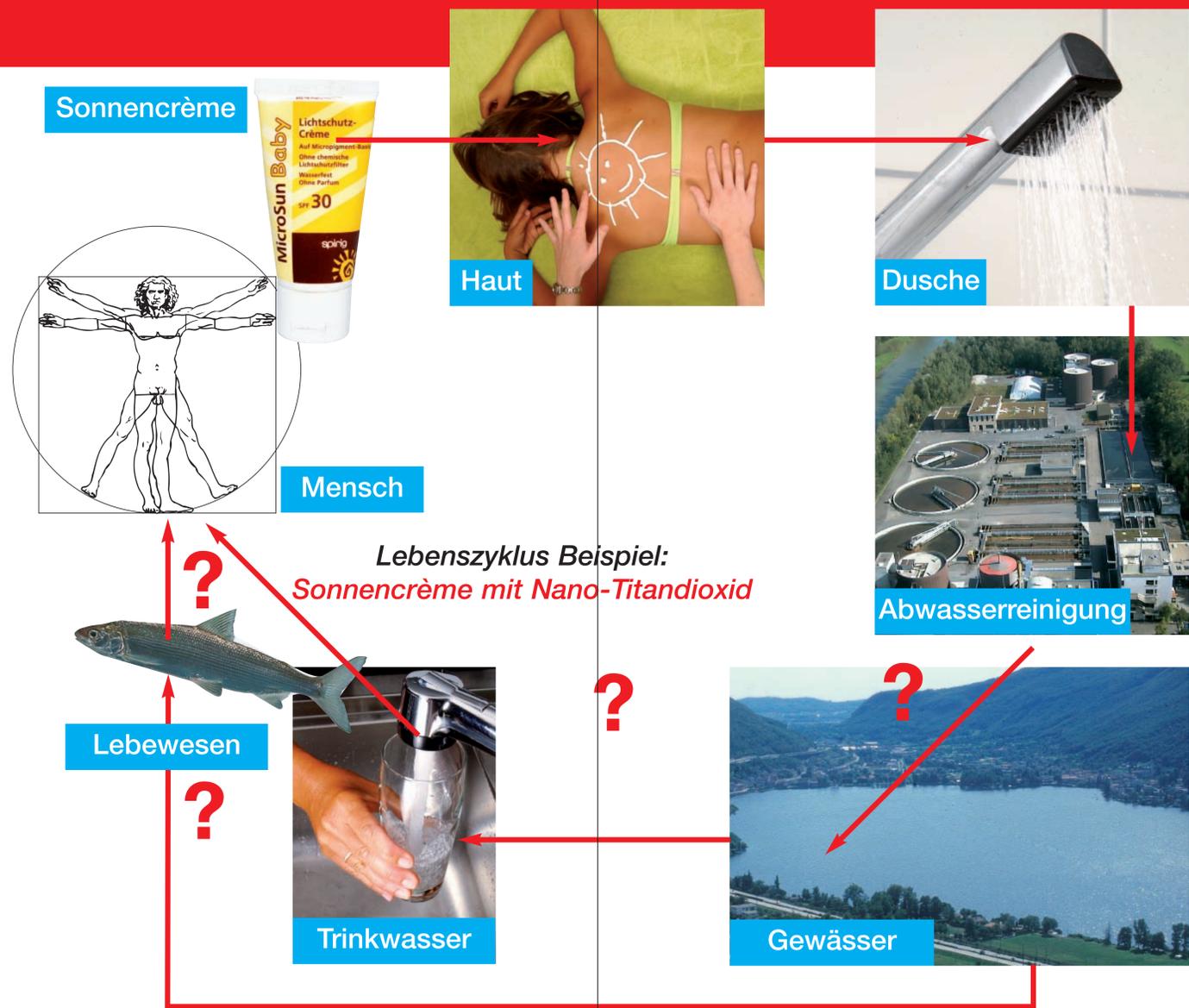
Verbesserte Produkteigenschaften  
höhere Färbbarkeit  
grössere Hydrophilie  
erhöhte Verbundfähigkeit



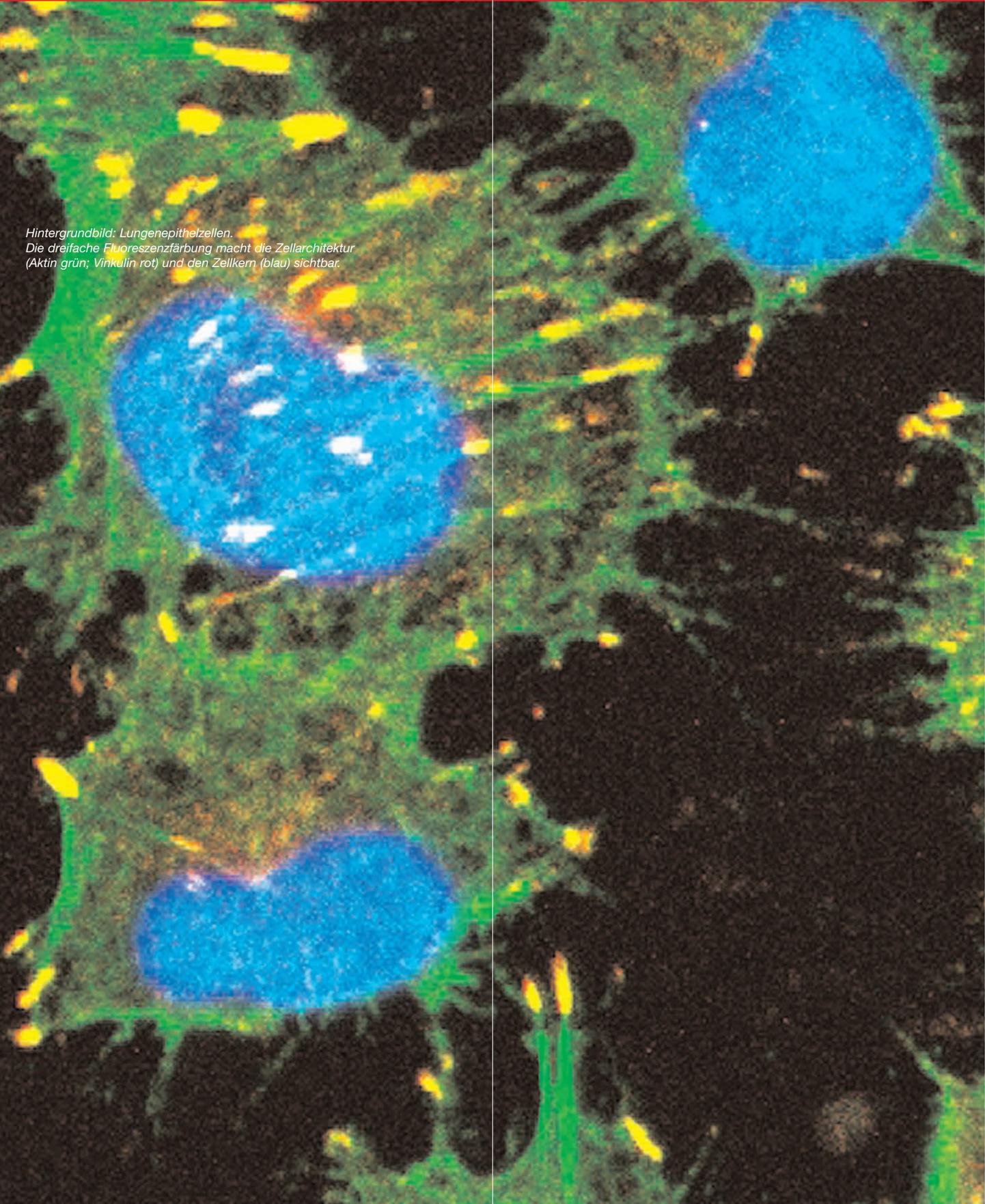
Materials Science & Technology



# Das Nano-Produkt ist verbraucht. Und dann?



# Wechselwirkung zwischen Nanomaterialien und Zellen



Hintergrundbild: Lungenepithelzellen.  
Die dreifache Fluoreszenzfärbung macht die Zellarchitektur (Aktin grün; Vinkulin rot) und den Zellkern (blau) sichtbar.

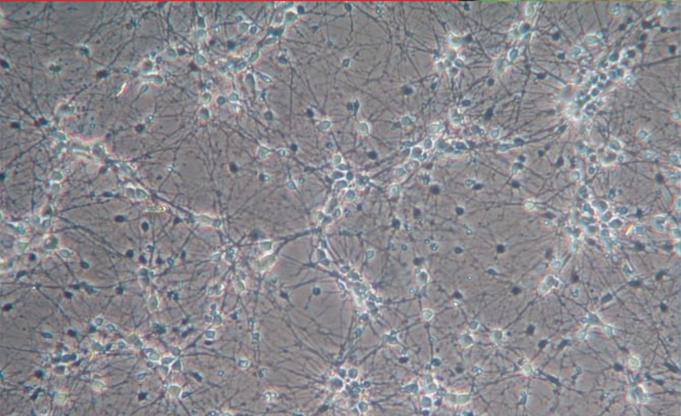
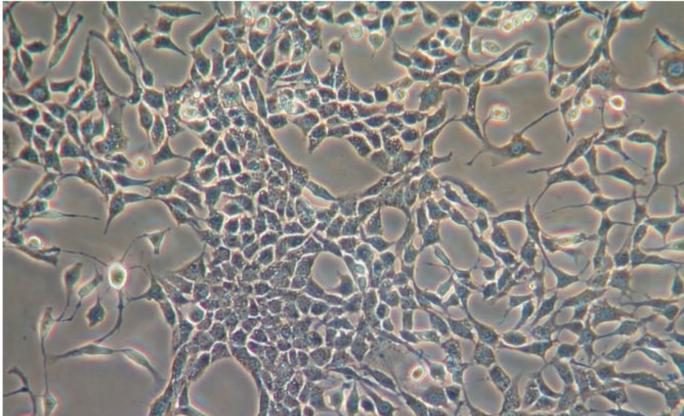
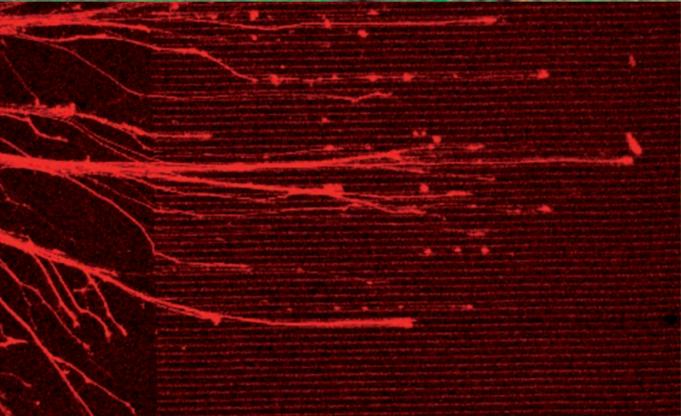
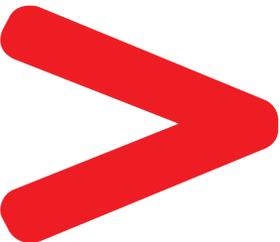
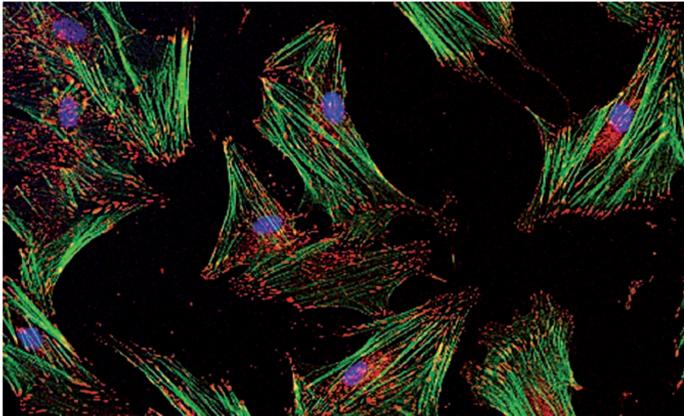


Bild oben und unten:  
Motoneuronen aus Hühnerembryonen als weiteres Modellsystem für das Studium der Wechselwirkung zwischen Nanomaterialien und Zellen.

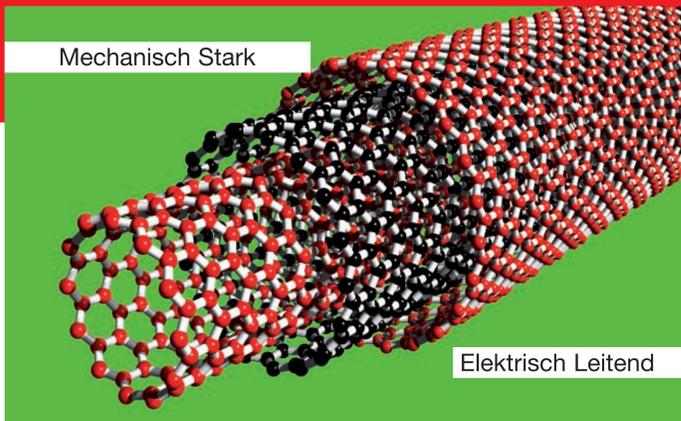


Fibroblasten sind Teil des Bindegewebes. Die durchschnittliche Grösse einer Zelle liegt bei 20 µm bis 50 µm.

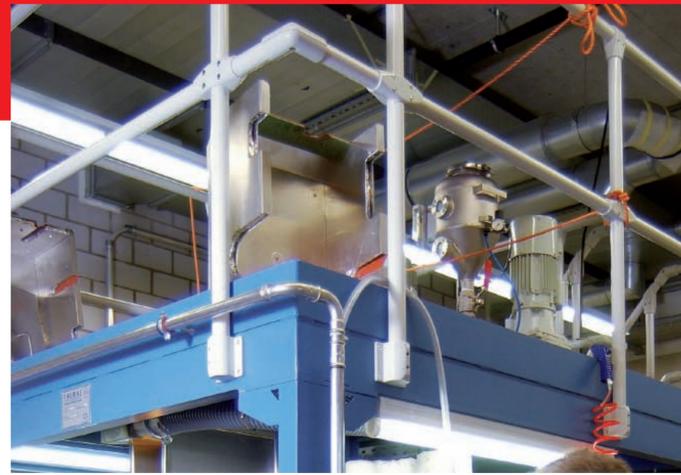
In menschlichen Knochenzellen durch dreifache Fluoreszenzfärbung sichtbar gemachte Zellarchitektur (Aktin grün; Vinkulin rot) und Zellkern (blau).



# Kohlenstoff Nanoröhrchen als Verstärkung oder Stromleiter in Polymeren



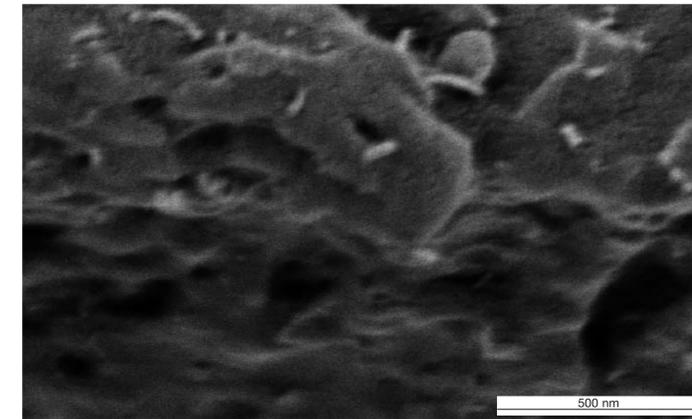
Atomstruktur eines Kohlenstoff Nanoröhrchens (KNR)



Empa Schmelzspinnanlage «Spider»

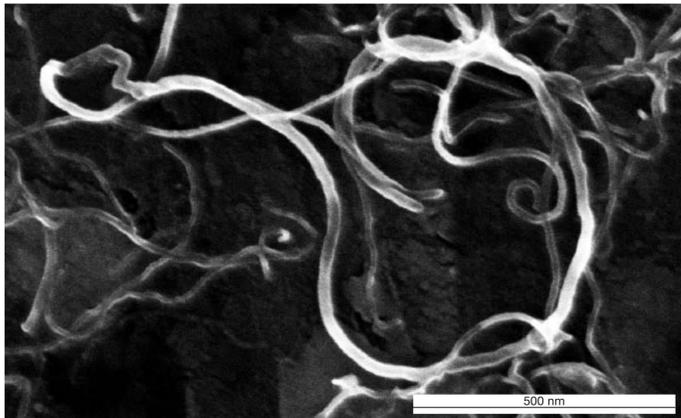


Polyamidfaser mit KNR-schwarz und steifer

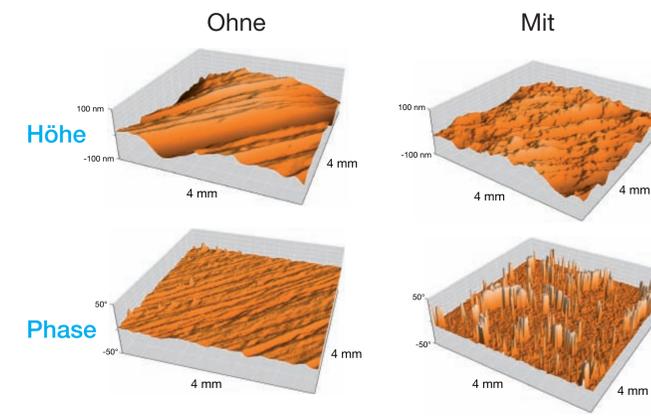


KNR an einer Polykarbonat-Bruchfläche

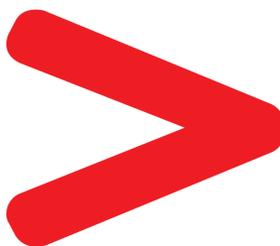
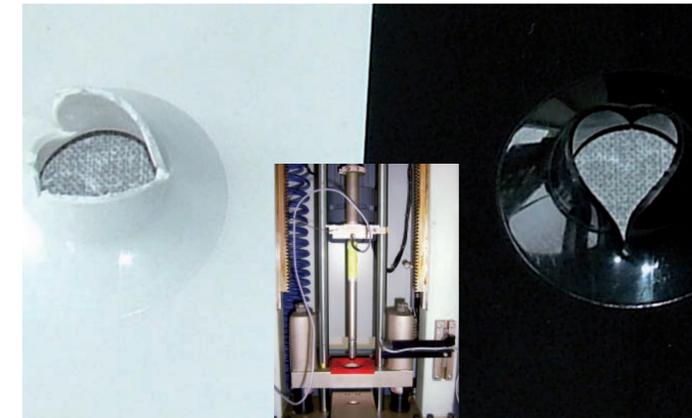
Rasterelektronmikroskopaufnahme einiger KNR



KNR können die Struktur des Materials ändern

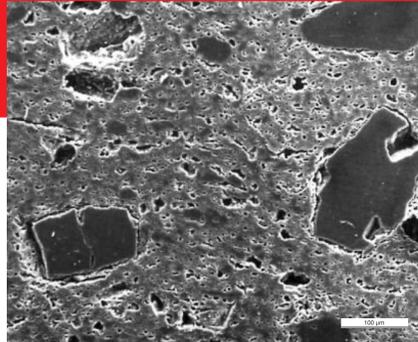


Dynamische Bruchfestigkeit von Kunststoffplatten

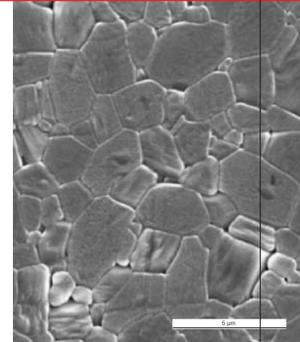


# Vom makrostrukturierten Ziegel zur nanostrukturierten High-Tech-Keramik

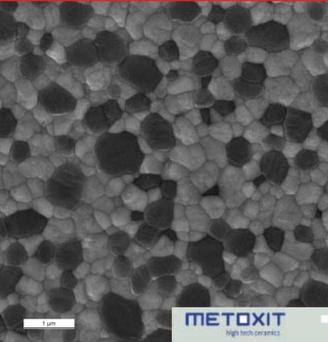
**Hochfeste Bio-Keramik aus Nanopulver**  
Nanopulver sind Ausgangsmaterialien für Keramiken extremer Festigkeit



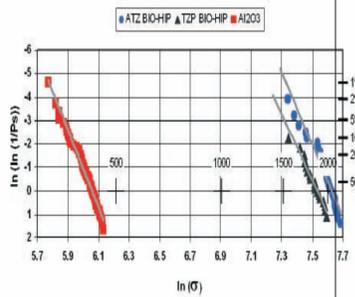
Gefüge Ziegel: undefinierte, grobkörnige Ausgangspulver (z.B. Sand 500 µm); geringe Festigkeit -Grobkeramik-; Korngrösse 100 bis 1000 µm; Biegefestigkeit 10 - 20 MPa



Gefüge Technische Keramik: reine Pulver (0,5 µm); gute Festigkeit, «Hochleistungskeramik», Korngrösse 1 µm; Biegefestigkeit 400 MPa



Gefüge ATZ (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-ZrO<sub>2</sub>-Nanokeramik): hochreine Nanopulver (50-100 nm), sehr hohe Festigkeit, «High-Tech-Biokeramik», Korngrösse 0,3 µm (300 nm); Biegefestigkeit 1500 - 2000 MPa



Festigkeitsverteilung für Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Mikrokeramik und TZP bzw. ATZ-High-Tech-Keramik aus Nanopulvern

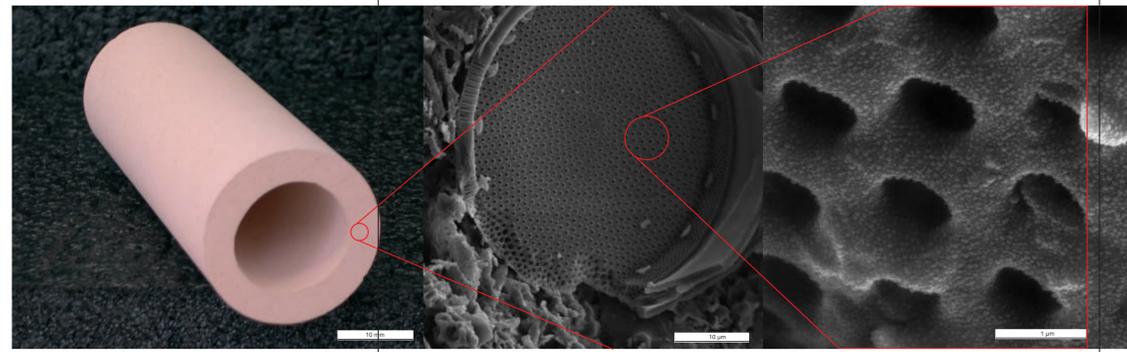
**Erfolg:**  
KTI-Projekt mit Fa. Metoxit, Thayngen, CH

## Nanostrukturierte Keramik für die Trinkwasseraufbereitung

Nanoporöse Materialien entfernen zuverlässig mikroskopisch kleine Bakterien



Portables Filtersystem mit High-Tech-Keramik



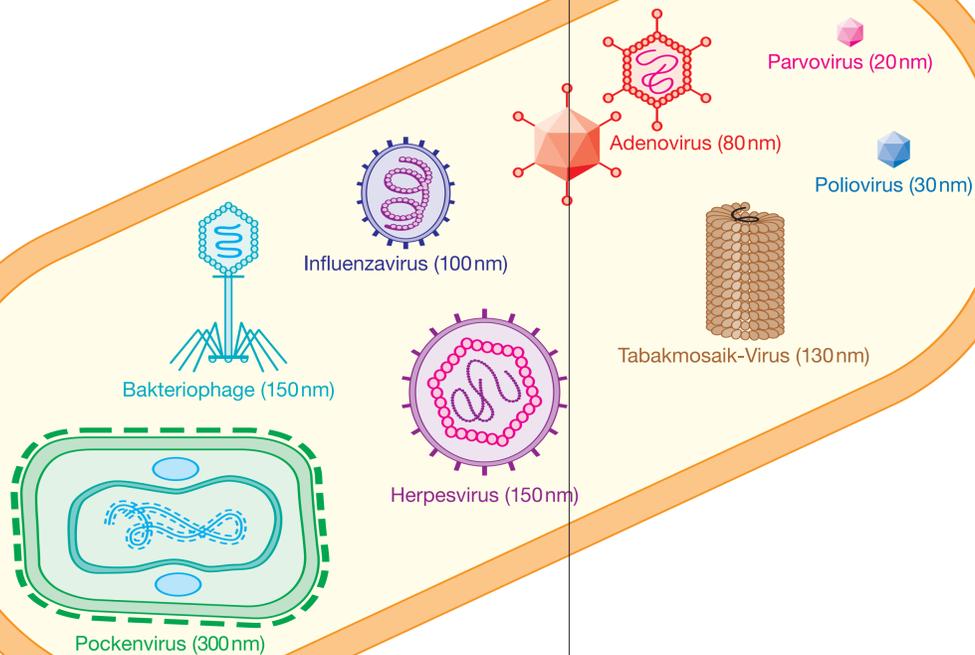
Nanoporöse, durch Extrusion hergestellte Filterstruktur

Diatomeen - natürlicher, nanoporöser Werkstoff aus der Natur

Nanoporöse Filterstruktur (0,2 µm) entfernt Bakterien (0,3 - 1 µm)

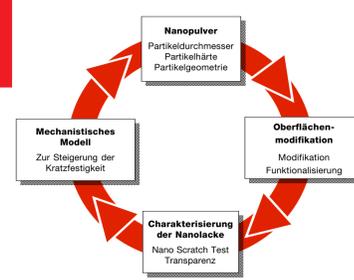
**Erfolg:** KTI- und industriefinanzierte Projekte zur Extrusion nanoporöser Keramikmaterialien mit Fa. Katadyn, Wallisellen, CH

## Bakterium (500x1100 nm)

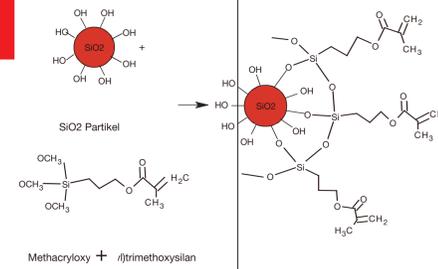


## Kratzfeste Nanolacke für transparente Schichten

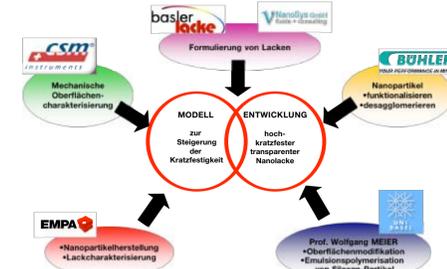
Nanopartikel erhöhen die Kratzfestigkeit von Transparent-Lacken dank Modifizierung und Funktionalisierung



Entwicklungszyklus für das grundlegende wissenschaftliche Verständnis der Herstellung von kratzfesten Lacken



Chemische Reaktionen an Nanopartikel-Oberflächen zur gezielten Modifizierung und Funktionalisierung von Verstärkungspartikeln

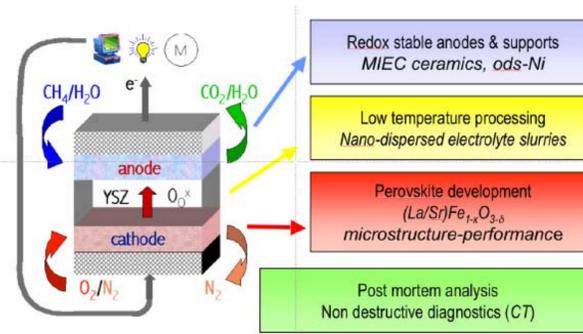


Netzwerkpartner und deren Beiträge im KTI-Projekt  
-Entwicklung kratzfester 2-Komponenten-Transparent-Lacke durch Einbau und gezielte Anbindung von oxidischen Nanopartikeln-

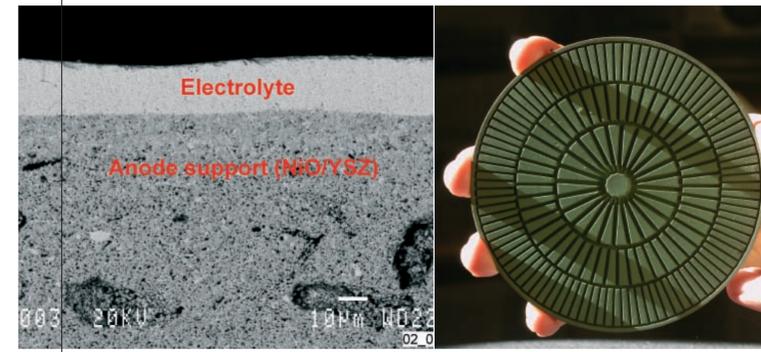
**Erfolg und Ausblick:**  
KTI-Projekt «Nanolack» schafft vertieftes Verständnis der Verstärkungsmechanismen in partikelverstärkten Klarlacken

## Nanoskalige Keramikpulver für effiziente Hochtemperatur-Brennstoffzellen

Nanopartikel mit komplexer Zusammensetzung bilden hochreaktive Elektrolyt- und Elektroden-Schichten



Schichtstruktur von Brennstoffzellen-Element



Nanopartikelbasierte Zirkonoxid Elektrolyt-Schicht auf Anoden-Substrat (Nickel-Zirkonoxid-Cermet)

Massgeschneiderte Anodenstrukturen



Materials Science & Technology

