



# **“Chemische Nanotechnologie: Entwicklung von der Nische zur Großserie” am Beispiel der NANO-X GmbH**

NANO-X GmbH  
Dr. Stefan Sepeur, 21.01.2008

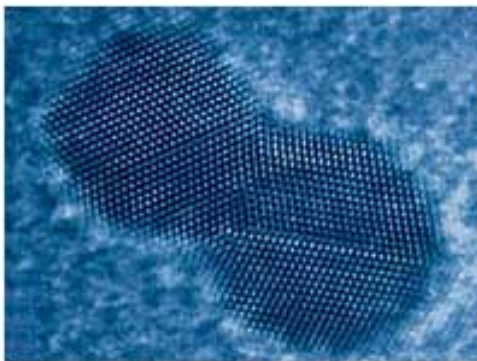
# Was ist Nanotechnologie?



## Definition

**Chemische Nanotechnologie ist die kontrollierte Herstellung von Materialien bzw. Bauteilen mit Abmessungen im atomaren bzw. molekularen Größenbereich (0,1 - 100 nm, 1 nm =  $10^{-9}$  m) durch chemische Synthese.**

## Größenvergleich



Quelle: Internet



# Intention



## Oberflächeneffekte

Innovative Beschichtungsmaterialien der chemischen Nanotechnologie haben die „Fähigkeiten“:

- **Oberflächendefekten entgegenzuwirken, z.B. ETC, SC, Korrosionsschutz, Kratzfest, UV-Schutz, Zunderschutz usw.**
- **Beschichtete Bauteile erfahren eine Wertsteigerung durch**
  - **Multifunktionalität**
  - **längere Haltbarkeit**
  - **zusätzliche Einsatzbereiche**
  - **geringeren Reinigungsaufwand**
  - **höhere Sicherheit u.a.**

**Innovation als Grundlage für Marktvorteile und höhere Wertschöpfung!**

# NANO-X aktuell



## Daten und Fakten!

- **Gründung 1999**
- **Mitarbeiter ~ 50, einige halbtags**
- **Umsatz 2008 ~ 6 Mio. Euro**
- **Davon aus F&E Projekten ca. 250.000 Euro**
- **Mehr als 300 ton Jahresproduktion**
- **7 Diplomchemiker (davon 6 promoviert)**
- **12 Laboranten (davon 2 Azubis)**
- **4 Ingenieure, 2 Betriebswirte, Jurist, Bankier, Journalistin usw.**
- **Ca. 25 Serienprodukte**
- **Produktionsvolumen ~ 300 ton/Jahr**
- **37 Patentfamilien**
- **4 Patentierungen in Planung**
- **Mehr als 100 Veröffentlichungen**
- **Buch "Nanotechnologie" als Referenzliteratur**

# NANO-X aktuell



## Daten und Zahlen

- **Anlage mit einer Gesamtfläche von 7.000 m<sup>2</sup> und einer Gebäudefläche von mehr als 1.500 m<sup>2</sup>**
- **Modernes Forschungslabor mit 12 Arbeitsplätzen**
- **QS- und anwendungstechnisches Labor, neues Klarlacklabor**
- **Spektrometrische Analyseverfahren (IR, UV-VIS u.a.), Feststoffanalysen, Viskositätsbestimmungen, Refraktometer u.a.**
- **Produktionsanlagen und Chemikalienlager mit einer Kapazität für mehr als 2.000 t Jahresproduktion**
- **Applikations- und Härtungsanlagen für alle gängigen Verfahren**
- **Neue Lackierkabine zur Sprühapplikation unter Reinraumbedingungen**
- **Prüfanlagen (QUV-Test, Salzsprühnebeltest, Geräte zur Schichtdickenmessung, Haftungsbestimmung, Bestimmung der Abriebfestigkeit durch Taber Abraser Test, Gradientenofen u.a.)**

# Inhalt



## Aufbau!

- **Das Geschäftsmodell**
- **Eine Historie**
- **Die Silantechnologie**
- **Produktbeispiele**
- **Wo stehen wir?**
- **Visionen und neue Entwicklungen**

# Geschäftsmodell



## Richtlinien

- **Aufbau einer eigenen Patentlinie**  
→ **Unabhängigkeit von Instituten und anderen Unternehmen**
- **Bodenständiger Aufbau ohne Fremdfinanzierung**
- **Exklusivität nur in Ausnahmefällen**  
(beispielsweise Markt- und Technologieführer)
- **Konzentration auf F&E und Produktion**
- **Ziel: Produktion der entwickelten Werkstoffe**

# Geschäftsmodell





# Die Historie



## Die Ausbildung!

- **Langjährige Ausbildung der Gründer im Institut für Neue Materialien gem. GmbH (INM) in den Bereichen der chemischen Nanotechnologie**
- **Anwendungs Know How in den Bereichen Easy to Clean, Selbstreinigung, Korrosionsschutz, Katalyse, Kratzfest, Antibeschlag, Tribologie u.a.**
- **Grundlegende Einblicke in Patentwesen, Personalführung, Projektmanagement u.a.**
- **Erfahrung in Beschichtungstechnologie und im Aufbau von Anlagentechnik durch Leitung eines Beschichtungszentrums**

# Die Historie

Der Start 1999!



**Nach Personalverantwortung von 80 Mitarbeitern im INM  
→ Allein in einer Halle im Weltkulturerbe Völklinger Hütte, mit einem alten  
Computer, einem Duschaum als Labor und mit einem Startkapital von 50.000 DM**



# Die Historie



**Das Jahr 2.000!**

- Nanotechnologie weckt starkes Interesse bei F&E Abteilungen
- Industriennahe Entwicklung und Umsetzung durch Auswahl kompetenter Schlüsselkunden (Markt- oder Technologieführer)
- Marktspezifische Anforderungen erlernen bzw. gemeinsam erarbeiten
- Erste Patente und Einnahmen durch F&E Projekte
- Wir setzen auf "Easy to Clean" (V&B, Metten) und Lotus-Effect (Erlus)



# Die Historie



## Das Jahr 2.000!

- Wir sind 8 Mitarbeiter
- Wir machen im ersten Jahr schon 1 Mio Mark Umsatz
- Erlus, Metten und Genthe-X-Coatings starten die Produktion
- Gemeinsam mit Fachleuten aus unterschiedlichen Branchen gründen wir die Firmen nanomedx (später sarastro), x-coat, n-tec, Genthe-X-Coatings und inomat
- Wir brauchen Platz und Zulassungen und ziehen in eine alte Chemiehalle nach Altforweiler um.



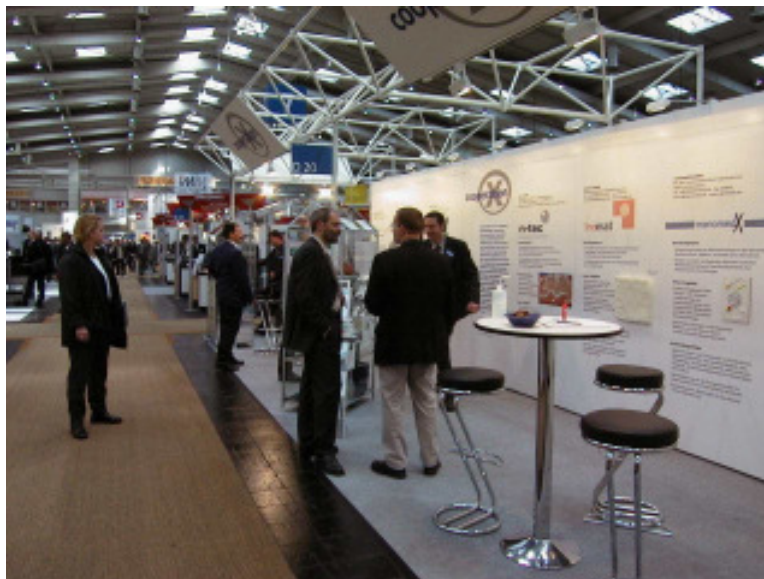


# Die Historie



2000!

- Um bekannter zu werden, stellen wir auf der Hannovermesse aus
- NANO-X kommt sogar in die Bildzeitung!



# Die Historie



**2000-2009!**

- **Wir wachsen über die Jahre auf 50 Mitarbeiter**
- **2001 kaufen wir uns eine leerstehende Chemiehalle in SB-Güdingen**
- **Wir trennen uns von vielen Beteiligungen wieder**



- **2004 vergrößern wir die Hallenflächen**
- **Wir finden Projektpartner in Japan und Korea**
- **Wir bringen viele neue Produkte in den Markt**
- **Wir werden mehrfach ausgezeichnet**
- **Wir sind international auf Messen und Veranstaltungen vertreten**
- **Näheres auf [www.nano-x.de](http://www.nano-x.de)**

# Die Technologie



## Silantechnologie!

### Anorganisch-organische Nanokomposite!

- **Nutzung von silikatischen Netzwerken mit organischer Funktionalität zum Aufbau neuer Matrices**
- **Nutzung von Nanopartikel zur Implementierung weiterer Funktionen**
- **Stichwort "Multifunktionalität"**

# Bezug zur Nanotechnologie



## Oberflächentechnik

- **Schichtdicke im Bereich  $< 100$  nm (z.B. Easy-to-Clean Aufreibbeschichtungen)**
- **Funktionalität durch Nanopartikel in der Schicht (z.B. photokatalytische Beschichtungen, UV-Schutz)**
- **Maßgeschneiderte Schichteigenschaften durch „Baukastensystem auf molekularer Ebene“ (z.B. Sol-Gel-Prozess, Nano-Kondensate)**
- **Oberflächenstrukturen im Bereich 1 - 100 nm (z.B. Lotus-Effect<sup>®</sup>)**



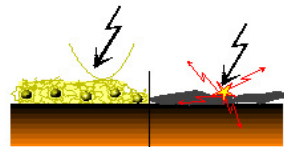
# Funktion der Nanopartikel



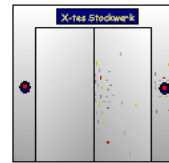
## Oberflächentechnik

- Elektrische Funktionalitäten
- Magnetische Funktionalitäten
- Optische Funktionalitäten
- Chemische Funktionalitäten
- Biologische Funktionalitäten

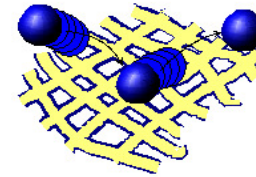
# Arbeitsgebiete



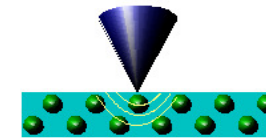
Zunderschutz  
Formhärten



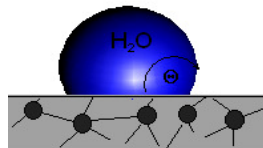
Fingerprint-  
Schutz



Imprägnierung von  
Leder und Textil

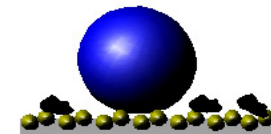


Kratzfest



Easy-to-Clean

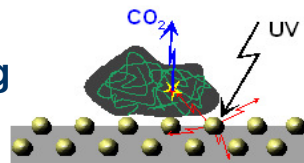
## Applikationsfelder



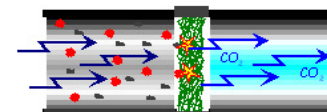
Imprägnierung für Steine



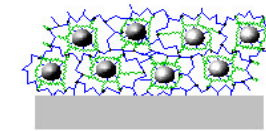
Hydrophil/ Antibeslag



Photokatalyse



Thermokatalyse



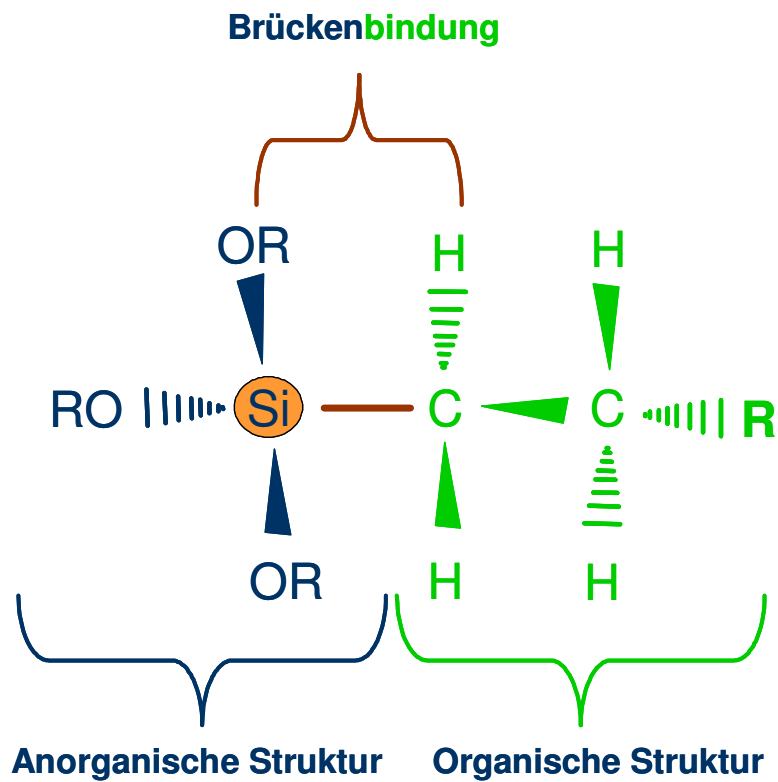
Korrosionsschutz  
(NXACP)

## Catalytic-Clean-Effect®

# Sonderfall Si

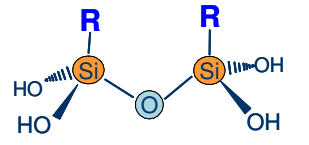


## Brückenfunktion



- Anorganische Reaktion
  - Organische Funktion
  - Organische Reaktion
  - Partikelanbindung
- Netzwerk mit kovalenten Bindungen

**1. Kondensation der Si-OH Einheiten zu einem glasartigen anorganischen Netzwerk**



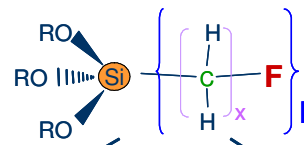
**Anorganische Seite    Organische Seite**

„Sol-Gel-Prozess“

Kondensation

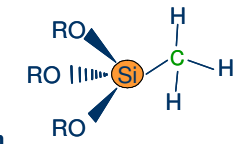
Hydrolyse + H<sub>2</sub>O

Funktion



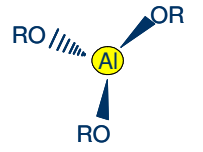
R = organische Seitenkette  
F = funktionelle Gruppe (z.B. Epoxy)  
X = 1 – Y Kettenlänge

**2. Netzwerkwandler werden zur Flexibilisierung des anorganischen Netzwerkes eingesetzt**

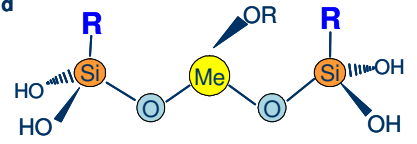


- Methyl
- Propyl
- Dimethyl (Silikonbausteine) usw.

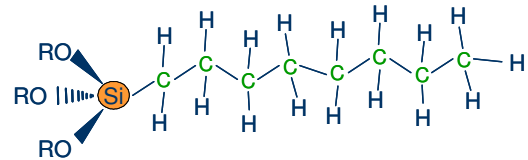
**3. Cokondensation mit Metallalkoxiden (Ti, Zr, Al usw.) im Si-O-Si Netzwerk**



Beispiel: Aluminiumalkoxid

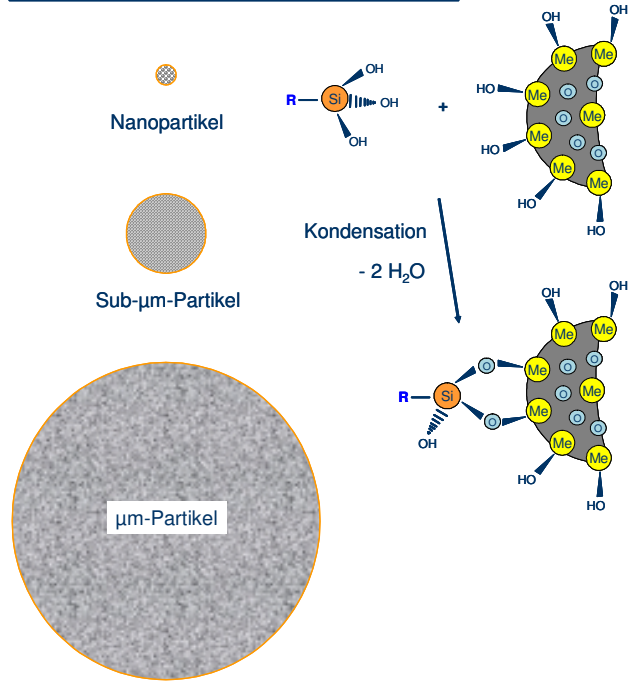


**4. Variation der Oberflächenenergie zum Erreichen von Easy-to-Clean- oder Antibeslag-Effekten (z.B. Octylsilan)**

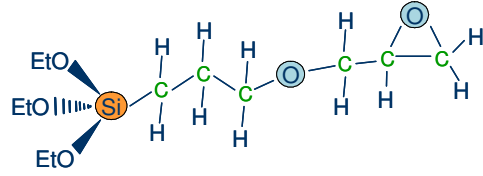


- Hydrophobierung:
- Kohlenwasserstoffketten C 3 bis C 18
  - Fluorketten C 6 – C 12 (+ Oleophobierung)
- Hydrophilierung:
- Polyetherketten
  - Seitenketten mit - OH oder Carboxylfunktionen

**5. Modifizierung von Partikeln (Silanisierung)**

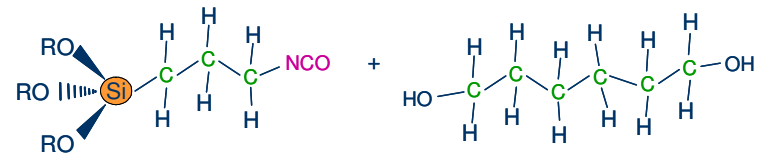


**6.1 Netzwerkbildner zur Ausbildung eines zusätzlichen organischen Netzwerkes durch Polymerisation der funktionellen Gruppe z.B. Glycidylpropyltriethoxysilan GPTES**



Weitere Beispiele: Methacrylsilan, Acrylsilan ...

**6.2. Netzwerkbildner und organische Moleküle zur Ausbildung eines überwiegend organischen Netzwerkes z.B. Isocyanosilan mit Hexandiol**



# Klassische Chemie



## Reaktionsprinzipien

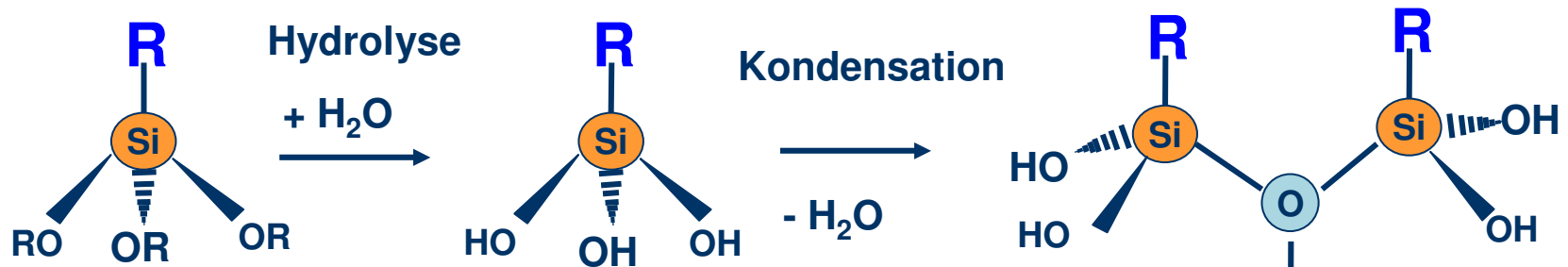
- Die Glaschemie, da man bei der Verknüpfung von Silanen über anorganische Kondensationsprozesse ein Silikatnetzwerk erhält, welches durch Cokondensation mit Metallalkoxiden (z.B. Al, Zr, Ti ...) eine Änderung in den makroskopischen Eigenschaften erfährt (Punkt 1 und 3 in Abbildung)
- Die Silikonchemie, da durch kurzkettige organische Seitenketten und den Einsatz von Kondensationskatalysatoren ganz gezielt die gebildete Kettenlänge bzw. die Art und Form der Kondensate eingestellt werden kann (Punkt 2 und 4 in Abbildung).
- Die organische Polymerchemie, da die organischen Seitenketten der Silane mit aus der Polymerschemie bekannten Polymerisationen oder Additionsreaktionen untereinander, aber auch mit anderen organischen Harzen oder Molekülen reagieren können (Punkt 6 in Abbildung).
- Die keramische Werkstofftechnologie, weil neben der Herstellung von Nanopartikeln (Punkt 1 und 3 in Abbildung) durch die Möglichkeit der Oberflächenmodifizierung eine beliebige Auswahl von keramischen Partikeln und damit zusätzliche festkörperspezifischen Funktionen in die anorganisch-organischen Matrices eingebaut werden können (Punkt 5 in Abbildung).

# 1. Sol-Gel Prozess



## Silantechnologie

Eine Schlüsseltechnologie, um nanopartikuläre Materialien in praxisrelevanten Produkten nutzbar zu machen, ist die Sol-Gel Technologie:



Si-O-Si = glasartig, temperaturbeständig  
R = organische Funktion, z.B. Vernetzung (Epoxy, Acrylat, Amin usw.) oder zusätzliche Eigenschaft (z.B. hydrophil / hydrophob)

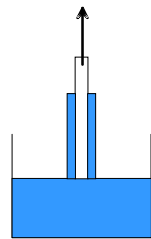


Nanopartikel in Lösung  
= Beschichtungslösung

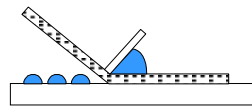
# Applikation und Härtung



## Beschichtungstechnologie

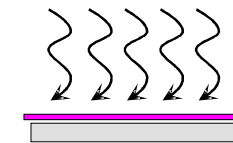


Tauchen

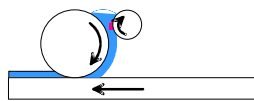


Drucken

$\Delta T$ , RT, IR

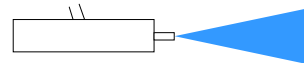


Thermisch



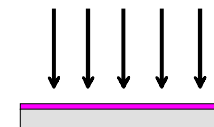
Walzen

Coil Coating

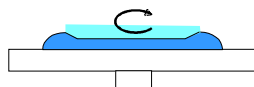


Sprühen

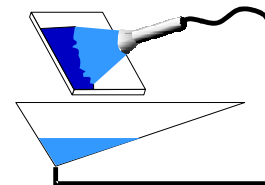
UV, VIS, Laser



Photochemisch



Schleudern

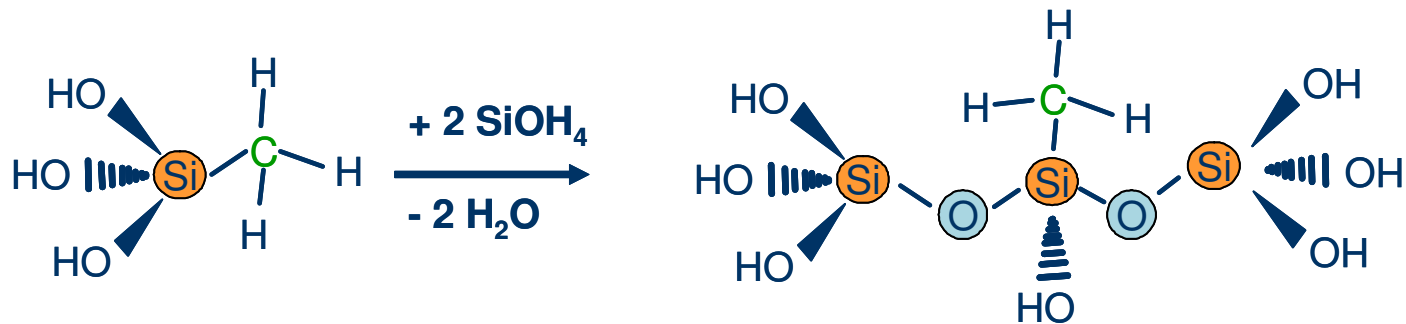
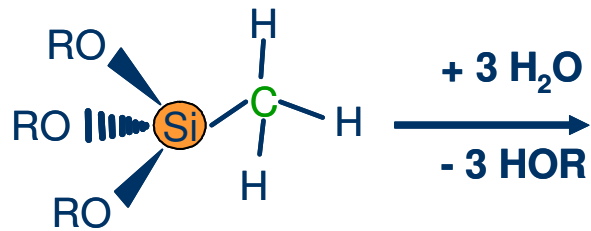


Fluten

## 2. Netzwerkwandler



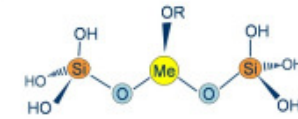
### Silantechnologie



- Flexibilisierung
- Niedrigere Härtingsbedingungen



# 3. Cokondensation



## Beispiele

Alkoxid/ Salz	Beeinflussung	Applikation
$\text{Al(OR)}_3, \text{Zr(OR)}_4$	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lewissäure, Katalysator für die anorganische Vernetzung</li> <li>- Katalysator für organische Quervernetzung z.B. Epoxidpolymerisation</li> <li>- Verbesserung der chemischen Stabilität, insbesondere der Basenstabilität des anorganischen Netzwerkes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kratzfestbeschichtungen</li> <li>- Korrosionsschutz</li> <li>- Haftvermittler</li> <li>- Additive zur Erhöhung der chemischen Stabilität und der Kratzfestigkeit</li> </ul>
$\text{Ti(OR)}_4$	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Erhöhung des Brechungsindex</li> <li>- Katalysator für anorganische Quervernetzung</li> <li>- Photokatalytische Aktivität</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Antireflexschichten</li> <li>- Kratzfestschichten mit hohem Brechungsindex (z.B. Brillengläser)</li> </ul>
Li, Na, K, B-Salze	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Netzwerkwandler, Bildung von <math>\text{SiO}^- \text{Na}^+</math> „Defekten“</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Binder</li> <li>- Glasähnliche Beschichtungen für Metalle als Anlaufschutz oder Antifingerprint- Oberflächen</li> </ul>

Gewinner des EAFA Alufoil Trophy 2005

# Produktinnovation



The EAFA Trophy

x-coat® black

Cofresco Institute



- Durch schwarze Beschichtung aktive Aufnahme und schneller Transport der Ofenhitze zum Bratgut  
→ Energieeinsparung
- Verkürzung der Garzeit um bis zu 30% im Vergleich zu herkömmlicher Alufolie

# Produktbeispiel



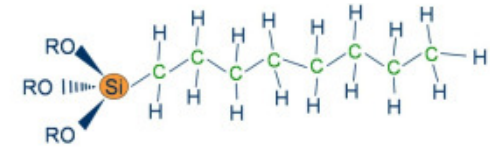
## AR Mehrschichter



Glas  
mit / ohne  
Antireflexbeschichtung

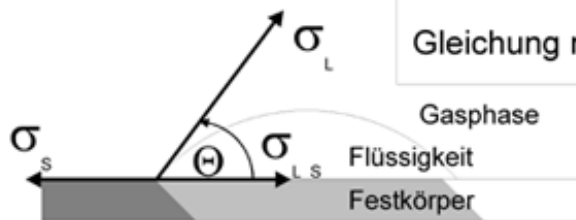
- Abwechselnd niedrig brechende und hoch brechende Beschichtungen
- Kombination aus  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$  und Mischsysteme
- Einsatz auch bei Brillengläsern usw.

# 4. Funktionalisierung



## Oberflächeneffekte

Methode des  
liegenden Tropfen



$$\cos \Theta = \frac{\sigma_s - \sigma_{Ls}}{\sigma_L}$$

Gleichung nach YOUNG

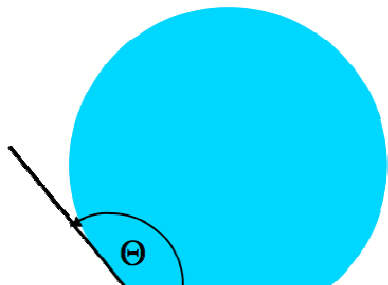
- $\sigma_L$  = Oberflächenspannung der Flüssigkeit
- $\sigma_s$  = Freie Oberflächenenergie des Festkörpers
- $\sigma_{Ls}$  = Grenzflächenenergie zwischen Flüssigkeit und Festkörper
- $\Theta$  = Kontaktwinkel

Die Youngsche Gleichung (nach *Thomas Young*) stellt eine Beziehung zwischen der freien Oberflächenenergie  $\sigma S$  und dem Kontaktwinkel  $\Theta$  her. Als Kontaktwinkel wird dabei der Winkel bezeichnet, den ein Flüssigkeitstropfen auf der Oberfläche eines Feststoffs zu dieser Oberfläche bildet.

# Benetzung von Wasser

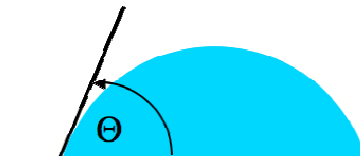


## Oberflächeneffekte



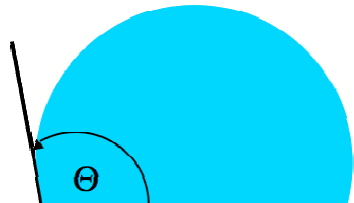
**Superhydrophobie,**  
„Lotuseffekt“

$\Theta > 140^\circ$ : Praktisch keine Benetzung,  
Flüssigkeit perlt sehr stark ab,  $\sigma_{sg} \ll \sigma_{sl}$



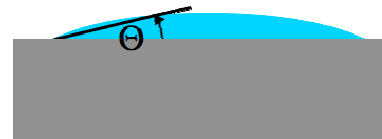
„Normalzustand“

$\Theta = 10-80^\circ$ : Die Flüssigkeit benetzt die  
Oberfläche gut bis mäßig,  $\sigma_{sg} > \sigma_{sl}$



**Hydrophobie**

$\Theta = 80-140^\circ$ : Schlechte Benetzung, die  
Flüssigkeit perlt ab,  $\sigma_{sg} < \sigma_{sl}$



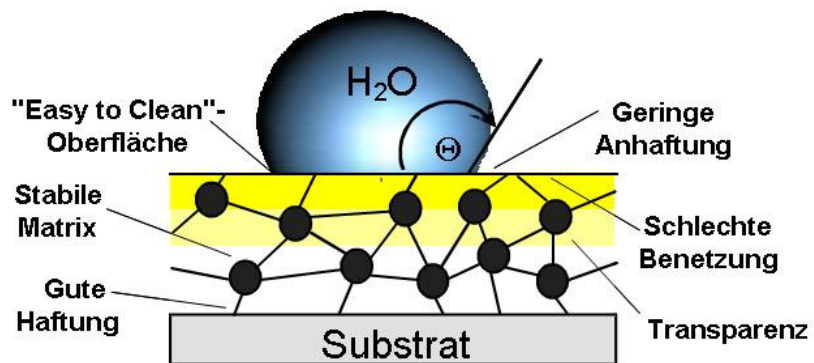
**Hydrophilie**

$\Theta = 0-10^\circ$ : Vollständige Benetzung,  
die Flüssigkeit spreitet auf der Oberfläche

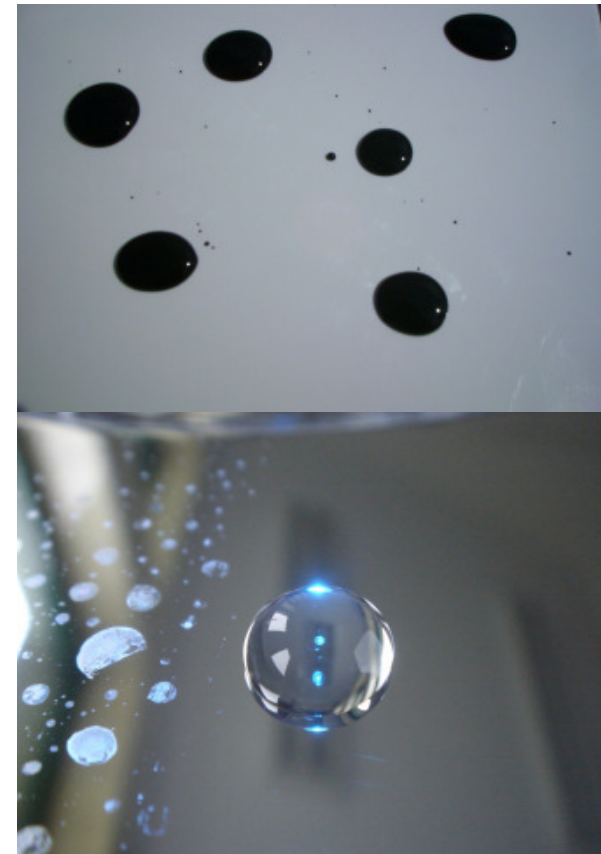
# Produktbeispiel



## Easy to Clean



ETC Systeme eignen sich insbesondere für Anwendungen im Innenbereich wie beispielsweise Dusche, Bad, Armaturen usw.  
Eine Selbstreinigung tritt nicht auf.





# DIY System 1206/1224



## Regenabweiser

Prinzip: Regen/ Schmutz haftet nicht an



## Produkteigenschaften

- **Easy-to-Clean** Beschichtungen für **Glas**, **Keramik** und **lackierte Oberflächen**
- **Unfluoriertes** Produkt
- Für den **Consumer Markt** und **Service Industrie**
- **Einfache** Applikation, Härtung bei **Raumtemperatur**
- **Kontaktwinkel > 110°** gegen Wasser

## Applikation im Automobil

- **Regenabweiser**
- **Felgenversiegelung**

31

Vorreinigungs- und  
Behandlungstuch in einem Sacht

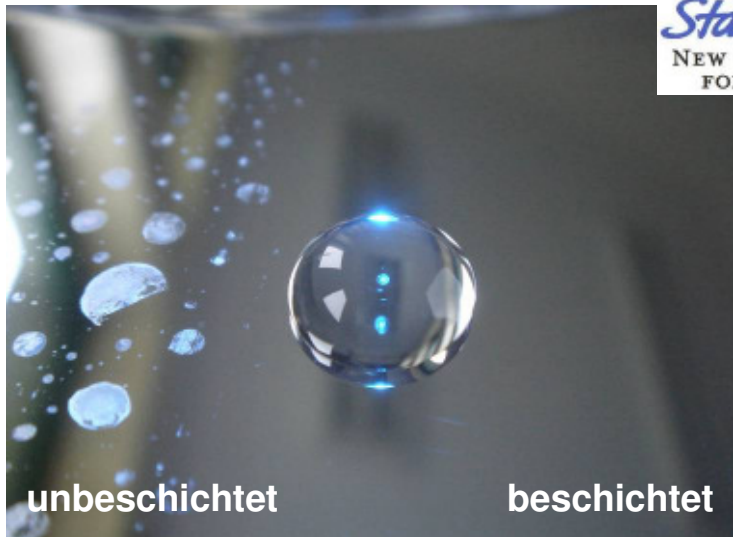
# Chromversiegelung



Easy To Clean

Prinzip:

- Dauerhafte Wasserabweisung
- Dauerhafte Kalkabweisung
- Chromoberflächen (Metall, ABS)
- Für Armaturen



*American Standard*  
NEW STANDARDS  
FOR LIVING™

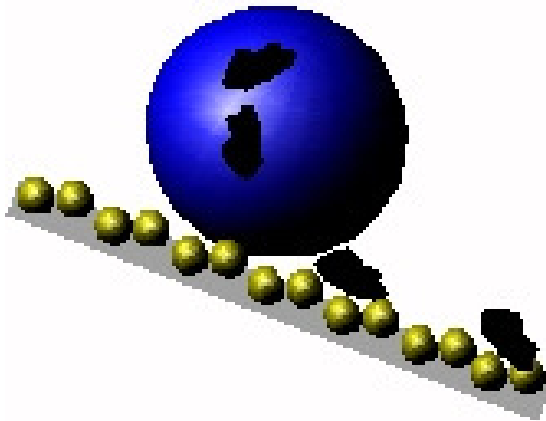




# Produktbeispiel



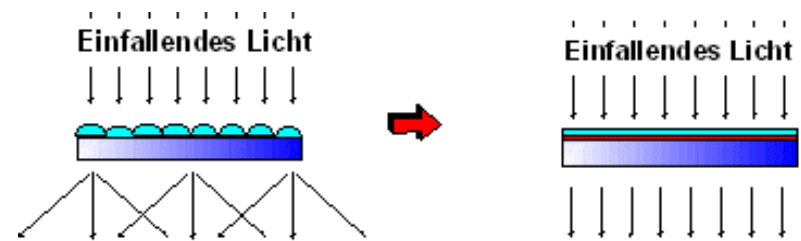
## Lotus Effekt



**Kombination einer Mikro- und Nanostruktur auf der Oberfläche (benannt nach dem Lotusblatt)  
Selbstreinigung bei Beregnung**

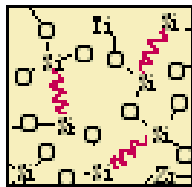


# Produktbeispiel



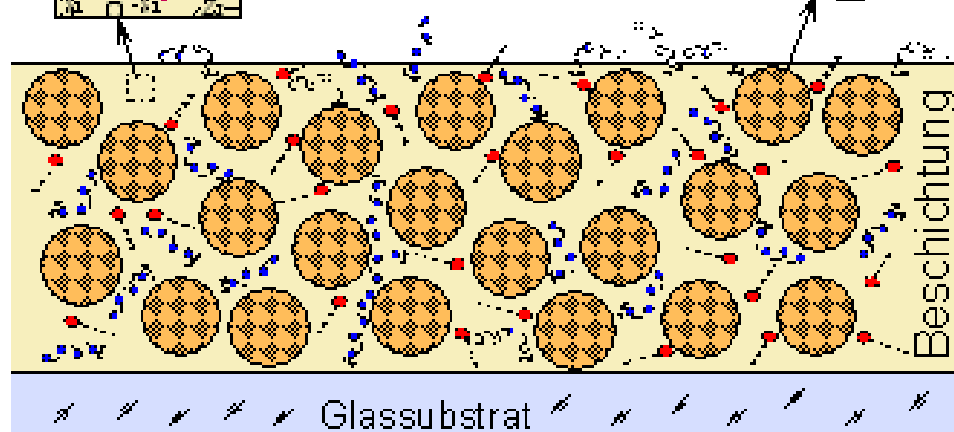
## Antibeschlag

**Matrix:**  
anorganisches Oxidnetzwerk mit  
organischer Verknüpfung



**Tenside:**  
• beweglich (diffusibel)  
• verankert (gebunden)

**Füllstoff:**  
oxidische  
Nanopartikel

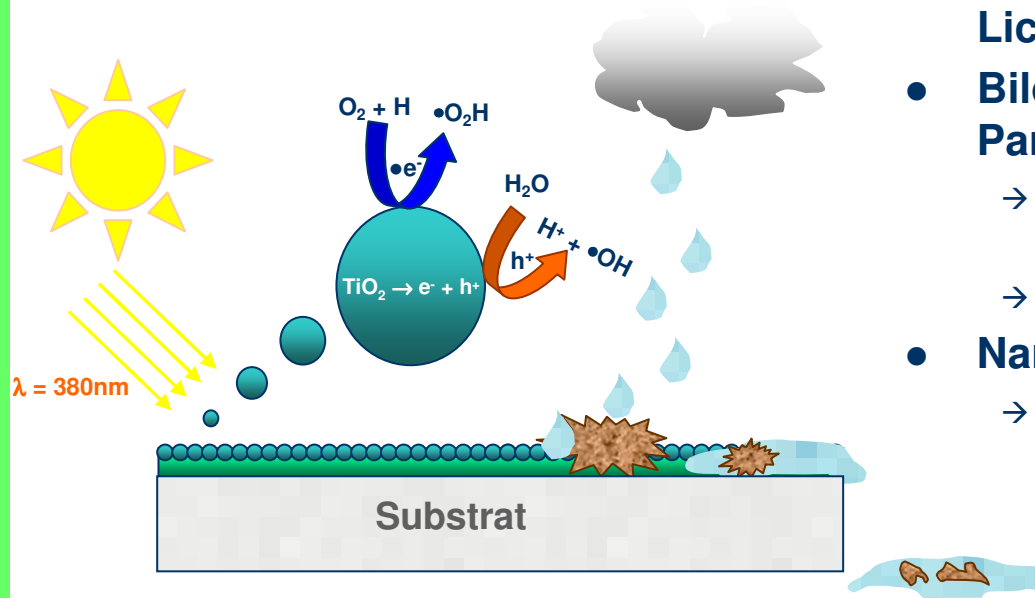


**Kombination von beweglichen und angebondenen Tensiden in einer Sol-Gel Matrix**

# Prinzip der Photokatalyse



## Superhydrophilie



- Anregung der  $\text{TiO}_2$ -Partikel durch UV-Licht
- Bildung von Radikalen an der Partikeloberfläche mit Redoxneigung
  - Kappung von Haftungsbrücken organischer Beläge zur Schicht
  - Angriff von Bioorganismen
- Nanostrukturierung und Hydrophilie
  - Keine feste Anbindung anorganischer Verschmutzungen

- Unterwanderung und Ablösung des Schmutzes durch einen Wasserfilm (Regen, Tauwasser)

→ Erzeugung dauerhaft superhydrophiler, selbstreinigender Oberflächen

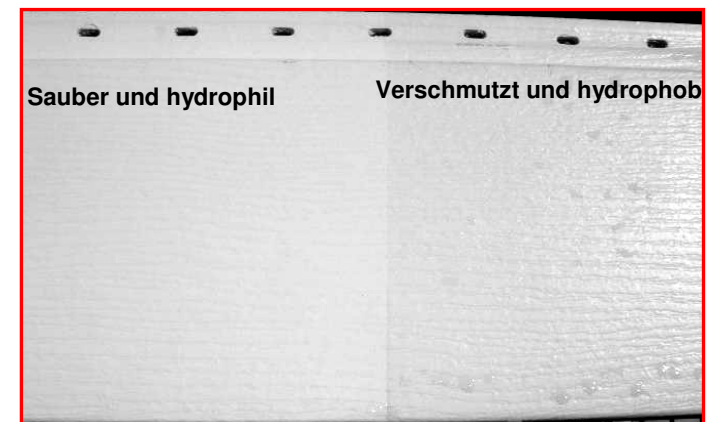
# Anwendung Fassadenbereich



Nach 6 Monaten Außenbewitterung:



→ Keine Verschmutzung des beschichteten Fassadenprofils!



# Vergleich Lotus mit cc-Effect

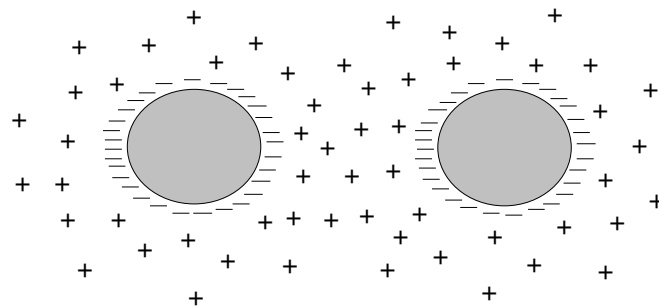


	Superhydrophile Beschichtung z.B. „Catalytic-Clean-Effect“	Superhydrophobe Beschichtung z.B. „Lotus-Effect“
<b>Wirkungs- grundlage</b>	Extrem <i>Wasser spreitende</i> Oberfläche (Superhydrophilie). Photoaktive TiO <sub>2</sub> -Nanopartikel und dadurch hydrophile Nanostruktur	Extrem <i>Wasser abstoßende</i> Oberfläche (Superhydrophobie). Hydrophobe Mikro-/Nanostruktur
<b>Wirkungs- weise</b>	Unterwanderung und Ablösung von Ruß und Schmutz durch einen Wasserfilm	Aufnahme von Ruß und Schmutz in einen Wassertropfen durch extrem geringe Oberflächenenergie (minimierte Adhäsion/ Haftung)
<b>Optik</b>	Dünne transparente Beschichtung: fast <i>keine Glanz-/Farbveränderung</i> des Untergrund (gute Optik)	Mattierungseffekt durch Struktur: <i>Änderung von Glanz und Farbe</i> des Untergrund
<b>Mechanische Stabilität</b>	Gute Abriebbeständigkeit	Schlechte Abriebbeständigkeit Strukturschädigung führt zu Verlust der Superhydrophobie
<b>Wahrnehm- barkeit</b>	Effekt nicht sofort demonstrierbar (keine Tropfen, kein Perleffekt)	Effekt gut wahrnehmbar (große Tropfen, gut sichtbarer Perleffekt)

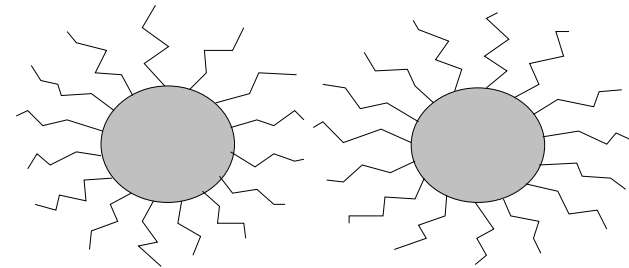
# 5. Partikeleinbau



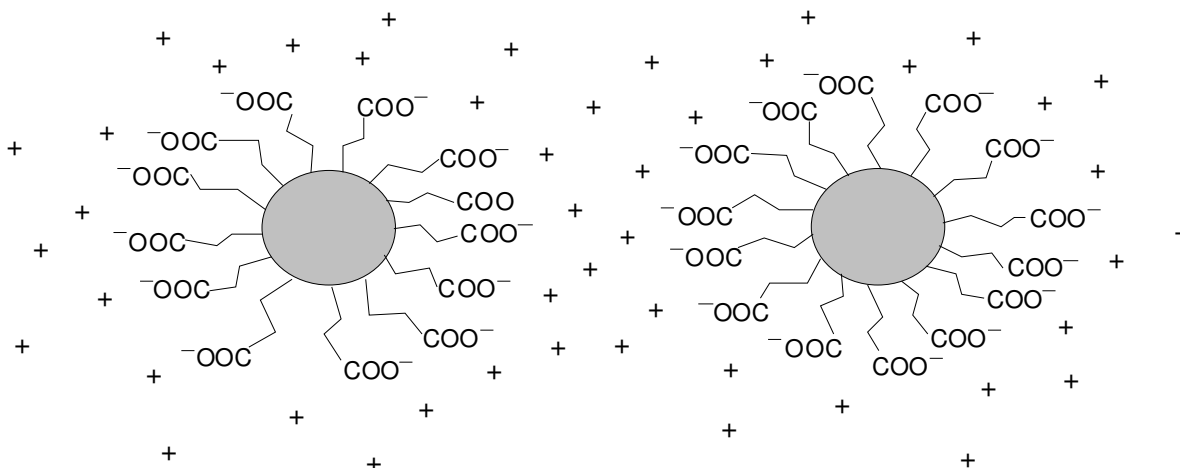
## Stabilisierung



(a) elektrostatisch



(b) sterisch



(c) elektrosterisch

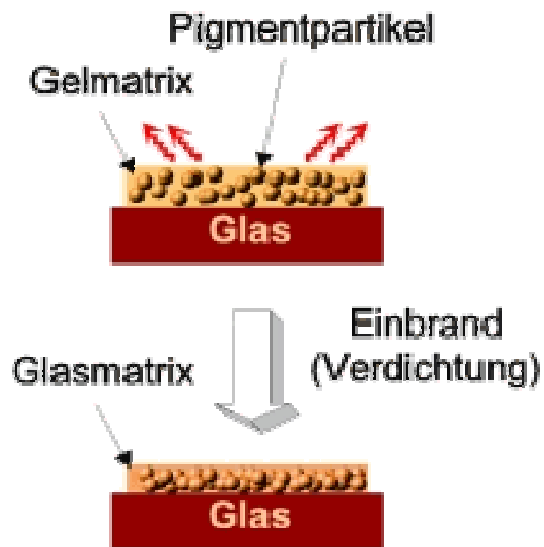
## Übersicht: Funktion von Nanopartikel

Partikel	Charakteristik	Effekt	Anwendungsgebiete
SiO <sub>2</sub>	Rund, Kieselsol, "Aerosil"	Günstiger Füller,	Kratzfest, Korrosionsschutz, Binder, Kleber
SiO <sub>2</sub>	Flach	Diffusionsbarriere	Diffusionsbarriere, Interferenzfarben
TiO <sub>2</sub>	Rutil	UV Absorption	UV Absorber, Kratzfest, Optische Effekte (Antireflex ...)
TiO <sub>2</sub>	Anatas	Photokatalytische Aktivität	Selbstreinigung, Antibeschlag, Antibakteriell
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Korund	Füller, Katalyse	Kratzfest, Korrosionsschutz
AlO(OH)	Böhmit	Füller, Katalyse	Kratzfest, Korrosionsschutz
CeO <sub>2</sub>	Rund	UV-Absorber, Katalyse, Korrosion	Kratzfest, Korrosionsschutz, Thermokatalyse
ZnO	Rund	UV-Absorber	Polymere, pH neutrale Lösungen
ITO (Indium-Tin-Oxid)	Blaue Farbe	IR/ UV Absorber	IR Reflexion, Leitfähige Schichten, Antistatik
ATO (Antimon-Tin-Oxid)	Braune Farbe	IR/ UV Absorber	IR Reflexion, Leitfähige Schichten, Antistatik
ZrO <sub>2</sub>	Weiß	Füller, Katalyse	Kratzfest, Korrosionsschutz, Thermokatalyse
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Magnetit	Krebstherapie	Medizinische Anwendung
Ag Kolloide	Rund	Antibakteriell	Antibakteriell (Additiv)
Metallkolloide	Pd, Pt, Au, Ru, Cu,	UV stabile Farben, Katalyse	Farbschichten (transparent), Thermokatalyse
Kohlen-stoffnanoröhren	Schwarz	Leitfähig, Antistatik, Reißfest	Anwendungen werden gesucht z.B. als leitfähige Schichten
Co, Mn, Ce Mischoxide	Schwarz	Katalyse, Geruch, Dieselruß usw.	Backöfen, Industrieanlagen, Motorteile, Katalysatoren

# Produktbeispiel



## Glasbinder



**Kieselol gefüllte MTEOS/ TEOS Materialien als flexible hochtemperaturbeständige Bindemittel für Dekore und Brandschutzgele**



# Produktinnovation **NANO-X**



**x-coat® black**



**HJS**  
Abgas-Systeme • Katalysatoren



- Bei HJS in Serie auf Rußfiltern für Dieselaggregate von PKW, LKW, Bussen und Baumaschinen
  - OEM: Diesel-Partikelfilter aus Sintermetall SMF®
  - Nachrüstlösung: Original- DPF® City-Filter



**Sintermetallfilter:  
SMF®, City-Filter®**  
[www.hjs.com](http://www.hjs.com)  
[www.city-filter.de](http://www.city-filter.de)

# Oxidationskatalyse

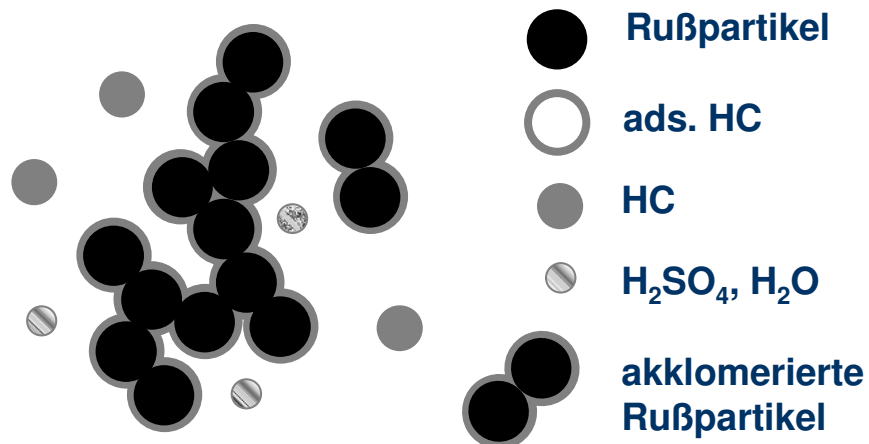


## Stand der Technik

### • Edelmetalle (Pt, Pd, Rh)

Platinum price  
(01.07.2008)

2072 \$/ounce  
~ 42,8 Euro/g



### Vorteil von Edelmetallen (z.B. Pt):

- Hoch reaktiv für die stickoxidinduzierte Dieselrußverbrennung (SCR Reaktion),  $\text{CO} \rightarrow \text{CO}_2$

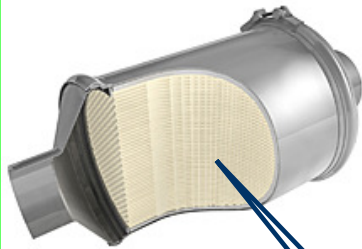
### Nachteil von Edelmetallen:

- Extrem hoher Preis
- Deaktivierung: Vergiftung durch Schwefel  $\text{Pd} > \text{Pt} >> \text{Rh}$ , Sintereffekte, Mechanische Ablösung

# Ansatz der NANO-X



## x-glas® Technologie

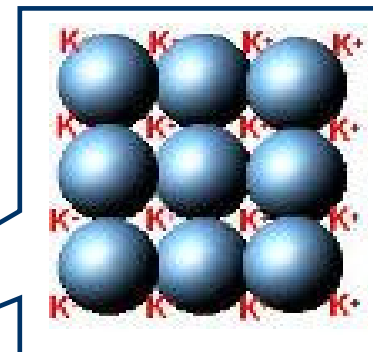


**Dieselfußfilter mit keramischer  
Filtereinheit  
(SiC, Cordierit, ATI ...)**

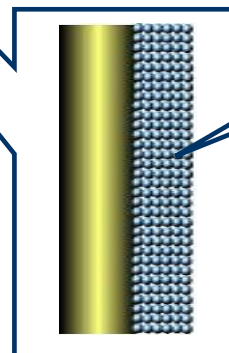
- Edelmetallfrei
- Schwermetallfrei

**x-glas® Beschichtung:**

- Wässriges Beschichtungsmaterial
- Chemische Zusammensetzung:  
Alkalisilikat



- Tauchbeschichtung
- Homogene Benetzung
- Abgasgedruck  
unbeeinflußt
- Porosität bleibt erhalten



- Nanostrukturierte Glasmatrix
- Feste Einbindung von Alkali
- Nanoporesitat führt zu extrem großer  
**aktiver Oberfläche**

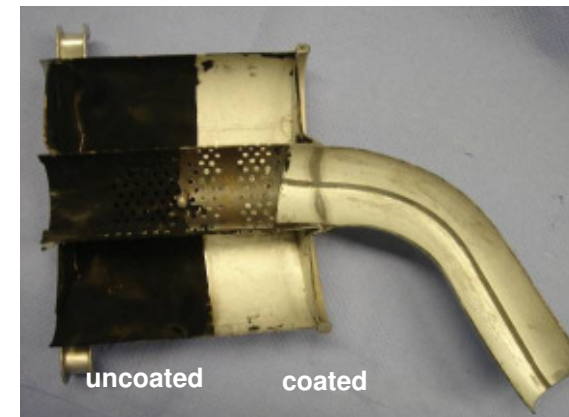
# Vorversuche



x-glas® Technologie

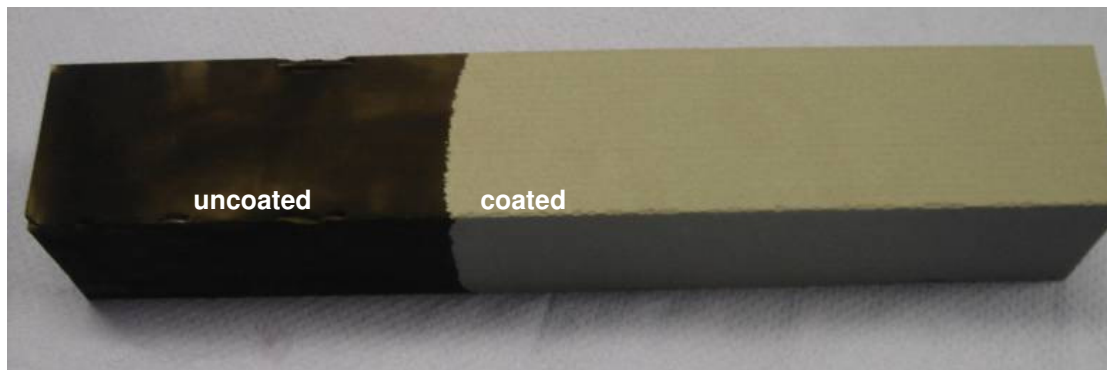
- Vorversuche zur Wirkung von x-glas® auf Stahl und Keramik
- Teilauftrag auf unterschiedliche Substrate, Berührung mit Printex U → Temperaturbehandlung

Auf Stahl



T = 350 °C, 30 min

Auf Keramik (SiC)



T = 320 °C, 30 min

Kompletter Rußabbrand

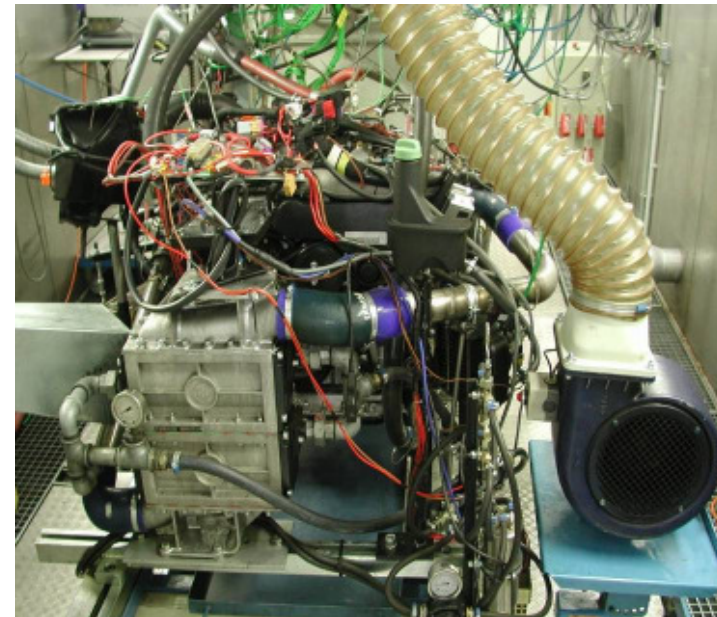
# Technische Umsetzung



## x-glas® Technologie

- **x-glas®** Technologie zeigt sehr gute Rußkatalyse
- Vorversuche zur Wasserlagerung, Dauertemperaturbelastung usw. ohne Aktivitätsverlust
- Bisher kein Hinweis auf Vergiftungsneigung durch Schwefel (Vorversuche)
- Beste Voraussetzung für weitere Tests

- Applikation der **x-glas®** Beschichtung auf einem SiC Filter
- Test im Motorprüfstand bei ElringKlinger!
- VW, BMW, Daimler als Partner



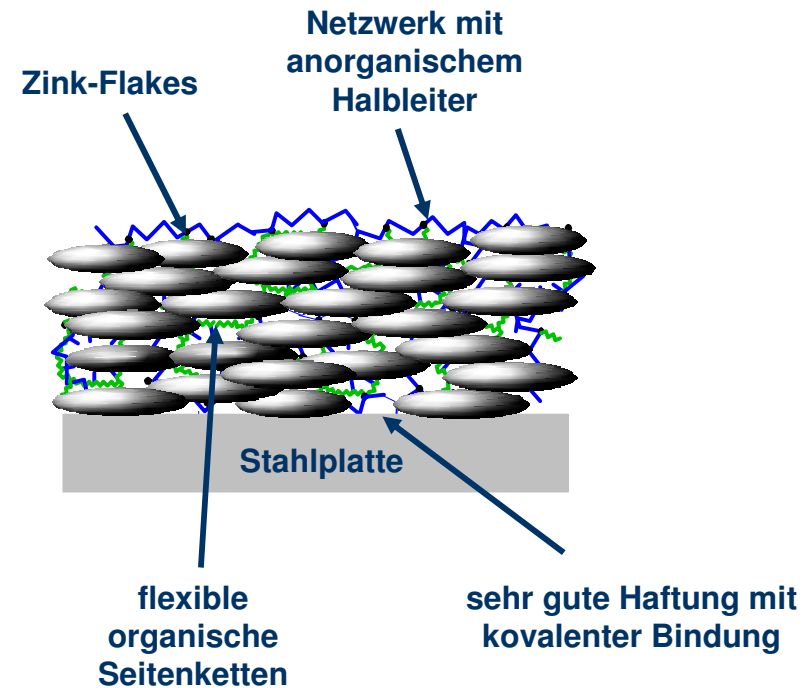
- Prüfung auf Abbau  $\text{CO} \rightarrow \text{CO}_2$
- Stickoxide
- Dauerbelastbarkeit
- Temperaturbeständigkeit usw.

# Korrosionsschutz



## NXACP

- Neue Korrosionsschutz-Beschichtung
- Zinkflakes ummantelt mit Nano-TiO<sub>2</sub>
- TiO<sub>2</sub> gleichzeitig Binder und Kontaktgeber zwischen den Pigmenten
- Aktiver kathodischer Korrosionsschutz
- Roll-, Tauch-, oder Sprüh-Applikation
- 5-6 µm Schichtdicke
- Hohe Leitfähigkeit
- Schweißbar



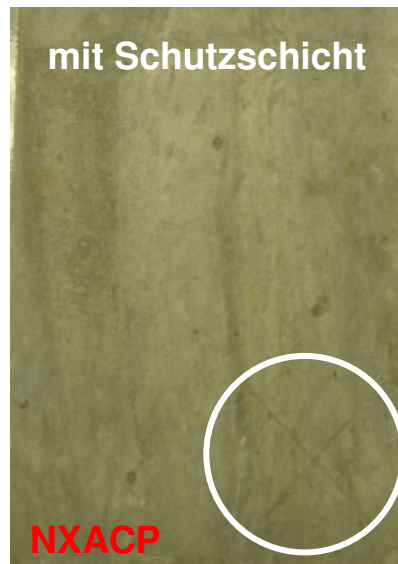


# Produktbeispiel



## Korrosionsschutz

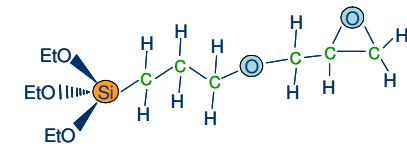
**NXACP**-Beschichtung auf blankem  
Stahlblech im Vergleich mit verzinktem Stahl:



nach 1000 h Salzsprühtest nach ISO 9227  
(**NXACP** -> mittlerweile 2500 h ohne Korrosion)

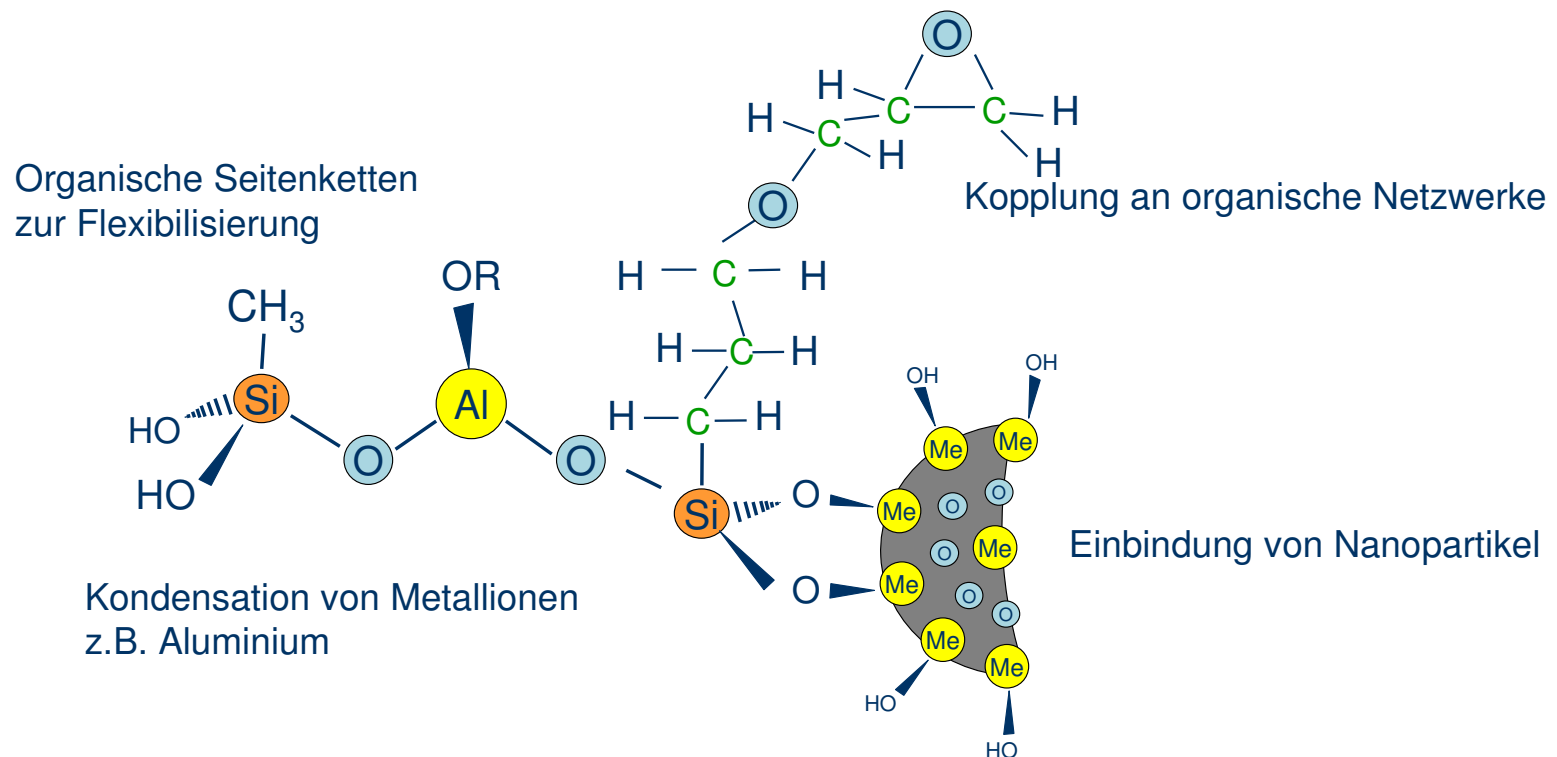


# 6. Nanokomposite



## Multifunktionsmaterialien

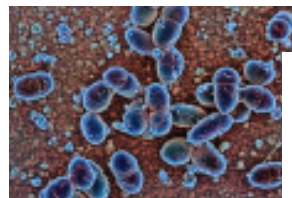
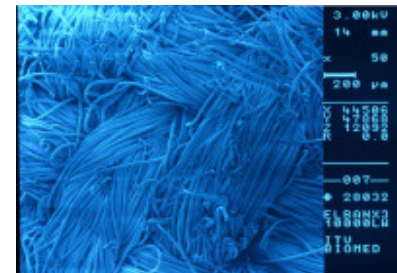
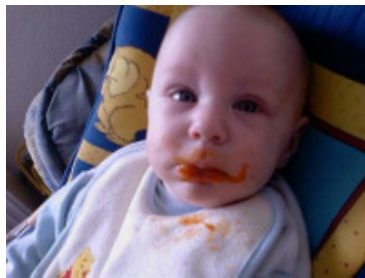
Bei den Nanokompositen nutzt man alle Funktionen der Silantechnologie



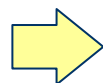
# Beispiel: Antibakteriell auf Textil



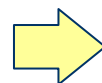
## Einwirkungen



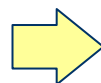
Urine  
0.05% Arsenic  
0.15% Sulfate  
0.12% Phosphate  
0.05% Chloride  
0.01% Magnesium  
0.015% Calcium  
0.05% Potassium  
0.1% Sodium  
0.1% Creatinine  
0.03% Uric acid  
3% Urea  
95% Water



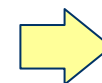
Schmutz



Geruch



Abrieb



Keime



Reinigung

# Kombination von Effekten



## Multifunktionalität

### Fluorcarbonpartikel

- Stand der Technik
- Gute Schmutzabweisung
- Moderate Haltbarkeit
- Schlechte Anbindung an die Faser
- Keine aktiven antibakteriellen Wirkkomponenten

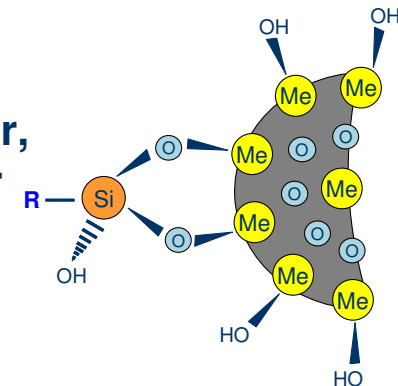


### Antibakterielle Komponenten

- Feste Anbindung an die Matrix
- Keine gesundheitsschädlichen Stoffe
- Bakterienbefall reduzieren
- Geruchsbildung eliminieren

### Innovative Materialmatrix

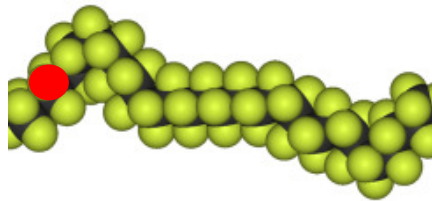
- Brückenfunktion zwischen Faser, Fluorcarbon und antibakterieller Komponente
- Verbesserung der Haltbarkeit
- Nanopartikuläre Modifizierung
- Feste Anbindung, Abriebfest



# Hydrophobierung

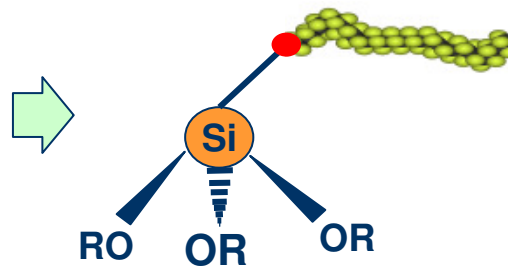


## Fluorcarbonpartikel



● = Funktionelle Gruppe

- Öl- und Wasserabweisend
- Sehr gute Schmutzabweisung
- Ähnlich Lotuseffekt
- Feste Anbindung
- Dauerhafter Effekt
- Erhöhte Abriebbeständigkeit

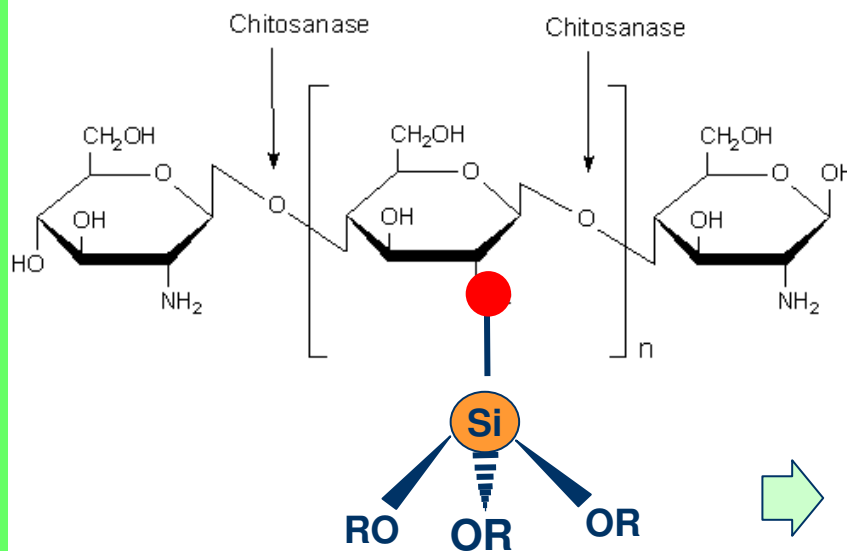


Anbindung der Fluorcarbonpartikel an die Matrix

# Antibakteriell

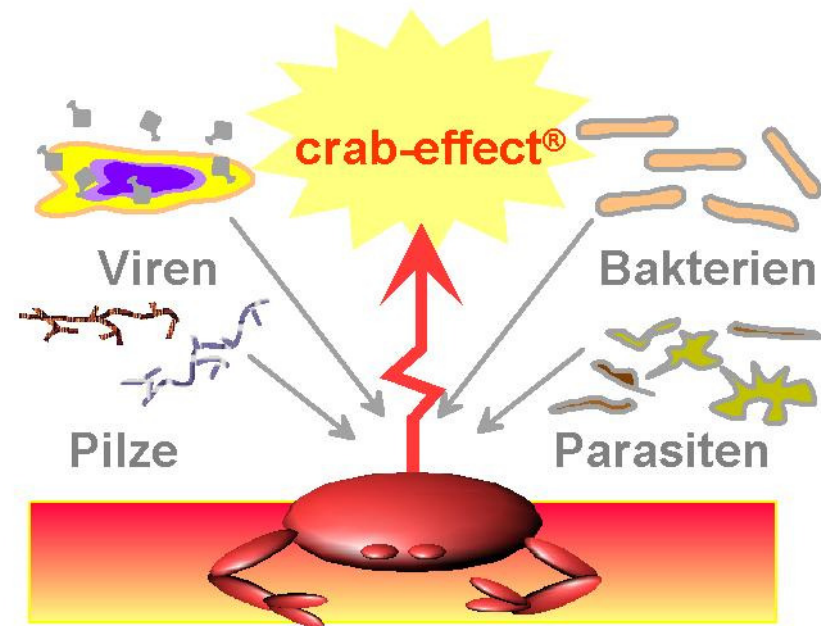


crab-effect®



Anbindung der Chitosanmoleküle  
(Zucker) an die organische Matrix

→ Gemeinsame Patentanmeldung



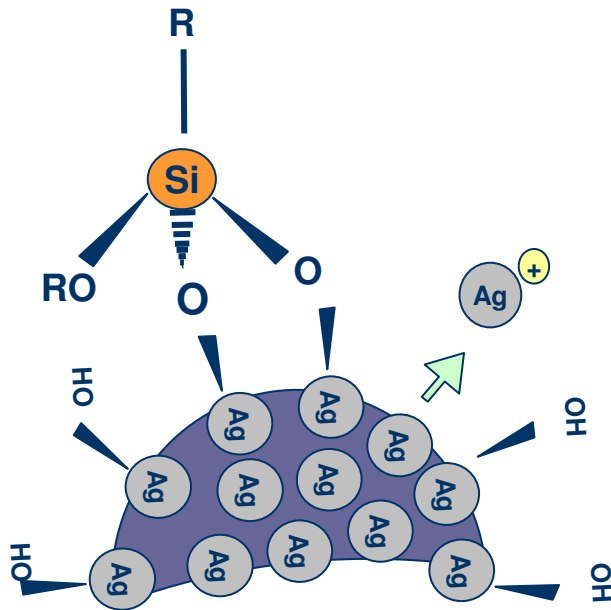
- Bakterienhemmende Verbindung
- Naturstoff
- Keine Beeinträchtigung der Gesundheit
- Chitosan = Diätmittel



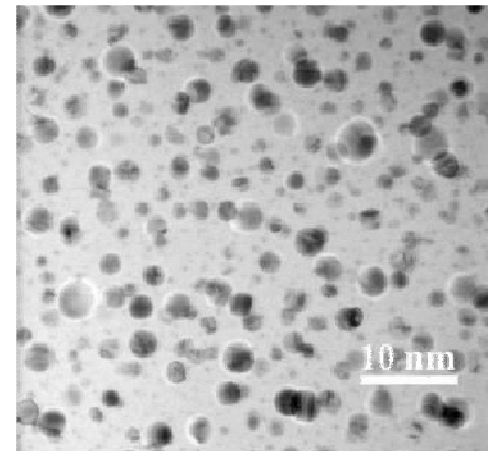
# Antibakteriell



## Silbernanos



Anbindung der Silbernanopartikel  
an die anorganische Matrix



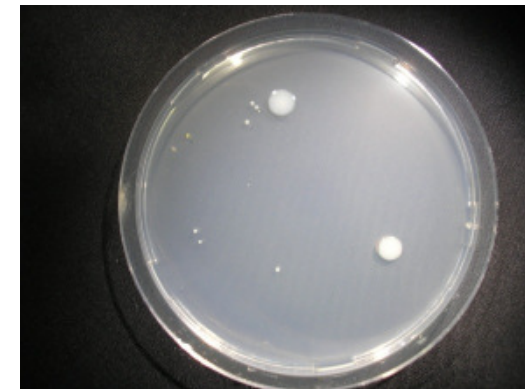
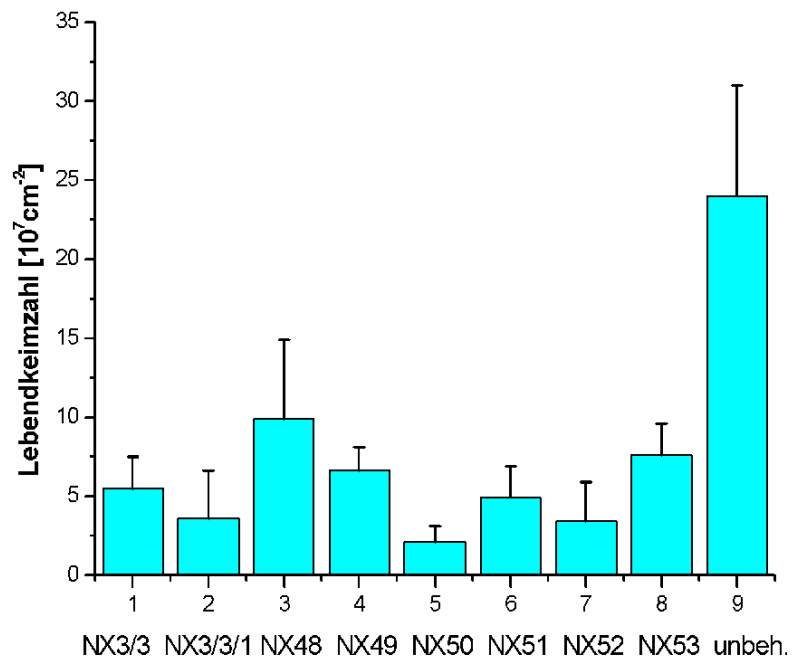
- Antibakterielle Eigenschaften
  - Diffusion von  $\text{Ag}^+$
  - Hohe Wirkung bei kleinen Konzentrationen
  - Nanopartikel als Depot
  - Keine Gesundheitsschäden detektierbar
- Aber: Schwermetall

# Prüfungen

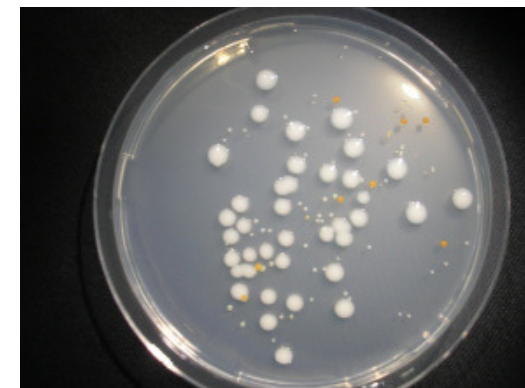


## Antimikrobielle Eigenschaften

### Verschiedene Imprägnierungen auf Fachgewebe Elba beige



behandeltes Gewebe mit NX 50



unbehandeltes Gewebe



# Hydrophil/Antibakteriell



## Stahlanwendung

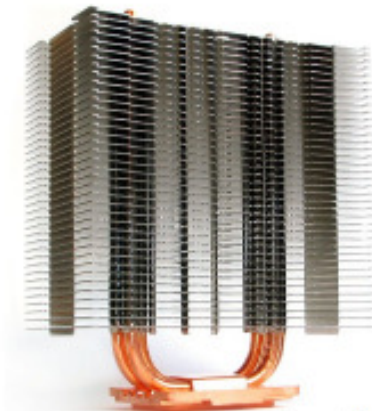
### Problem:

- Wassertropfen auf Stahl vermindern Wärmeübertrag
- Kühl- oder Heizleistung nicht optimal
- Korrosion und Bakterienbefall



### Lösung:

- Superhydrophile Oberfläche
- Silberzusatz
- Einsatz im Columbuslabor
- Weitere Einsatzmöglichkeiten: Klimaanlage, Industrie, Autokühler ...



# Hydrophil/Antibakteriell



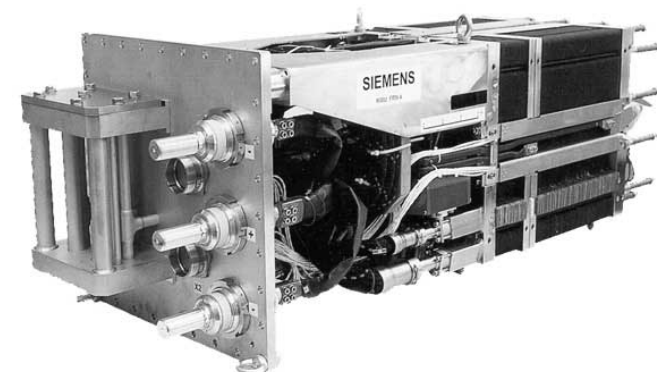
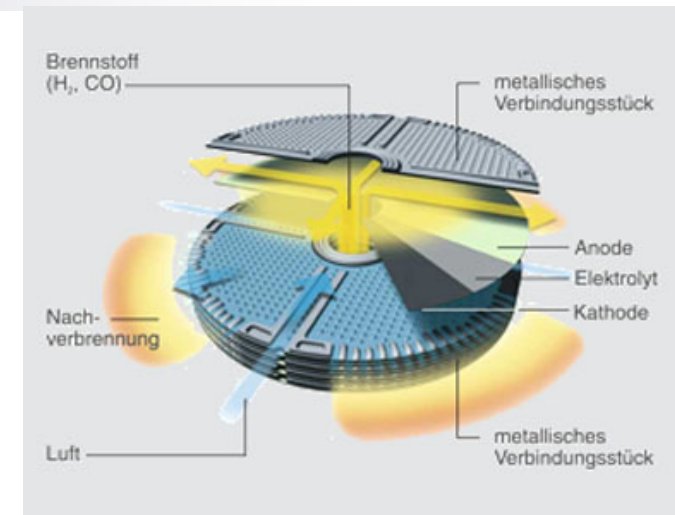
## Stahlanwendung

### Problem:

- Wassertropfen führen zu verminderter Funktionalität in der Brennstoffzelle

### Lösung:

- Superhydrophile Oberfläche
- Inverses Lotusprinzip



# Antifingerprint-Effekt



## Prinzip

- **Reduktion der Wahrnehmbarkeit von Fingerabdrücken**
- **Verhinderung des Blauanlaufens der Metalloberfläche (Korrosion/Oxidation durch Salze aus Fingerschweiß)**
- **Leichte und rückstandslose Entfernbareit der Fingerabdrücke mit einem trockenen Tuch**
- **Geeignet für matte und strukturierte Oberflächen im Innen- und Außenbereich, ungeeignet für hochglanzpolierte Oberflächen**



# Industrielle AF-Anwendungen



## Produktbeispiele

**FRANKE**

**InoxPlus®**



Sanitäreinrichtung

Spülmaschinenblenden  
eines deutschen Marken-  
Hausgeräte-Herstellers



Edelstahlcoil



Edelstahl-  
Außenleuchten



# Zunderschutz



x-tec® CO

Derzeit: Zunderschutz für das Presshärten  
(indirektes Verfahren):

- Kalt vorziehen der Bauteile aus 22MnB5 Stahl
- Aufheizen auf 950 °C, 4-7 min
- Härtung in der gekühlten Form (bis 1650 MPa)



Unbeschichtet:  
Zunder



Kein Zunder  
mit x-tec® CO

# Produktinnovation



x-tec® CO

Zunderschutz für das Presshärten:

- Internationalisierung 2009, Japan und Korea



Stahlplatte  
aus 22MnB5



Erwärmen auf  
850 °C~950 °C



Presshärten  
im gekühlten Werkzeug



PASSAT (2005)



Sharan (2007)



Tiguan (2007)



# Lichtfänger



Temperaturstabile Beschichtung



**me||band**<sup>®</sup>  
Wir beschichten  
bevor Sie formen.

**Strahlenblende in  
Front-Scheinwerfern**

- **Matt-schwarze Beschichtung mit geringem Substanzverlust (Ausgasungen): <math><0,01 \text{ g/qm}</math> nach 100 h Dauerbelastung bei 300 °C**
- **Kostengünstige Applikation über Coilcoating und anschließendes Stanzen und Formen**
- **Einsparung von Prozeßkosten, da aufwendige Nachbehandlungsschritte (Temperung) wegfallen**





# Weiterentwicklungen

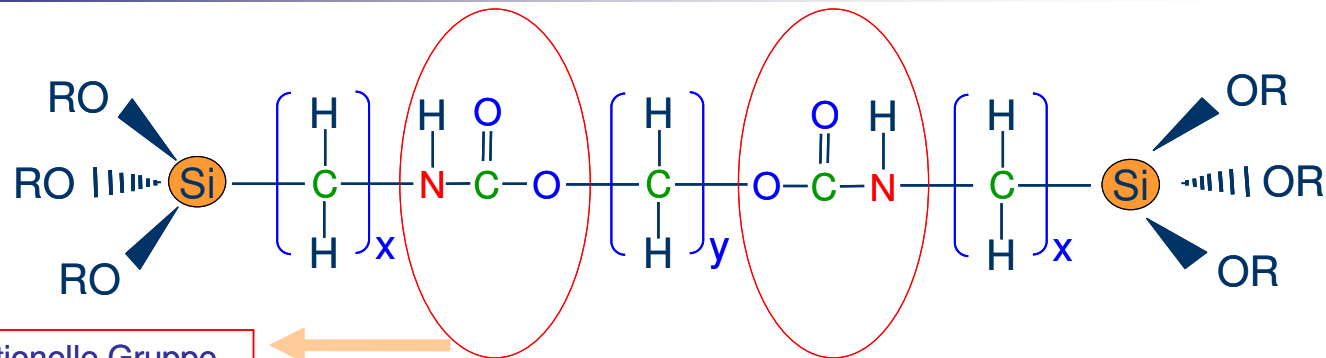


- **SiliXan<sup>®</sup> Technologie**
  - **Aufbau/Struktur**
  - **Eigenschaften**
  - **Nutzung als Beschichtungsmaterial**
  - **mögliche Anwendungen**

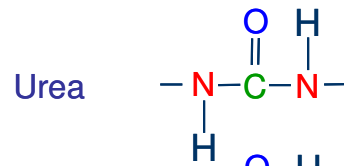
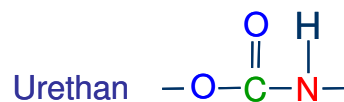


**Was sind SiliXane?**

## Neue Bindemittelklasse!



F = funktionelle Gruppe



### Modelling von Silanen mit:

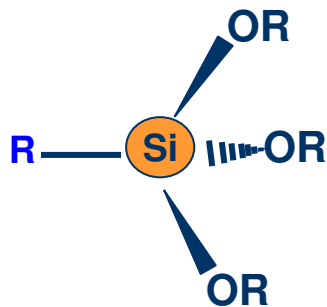
- Mehr als 6 -Si-OR Gruppen
- Absättigung aller organisch funktioneller Gruppen (Urethan, Urea, Amid usw.)
- Keine freien organischen Funktionalitäten
- Anpassung der Flexibilität durch die Länge der Kohlenwasserstoffketten
- Wasserfrei in protischen und/oder aprotischen Lösungsmitteln

# SiliXane®



## Härtung

Wasserfrei!



Lewis Säuren (AlOH, ZrOH ...)

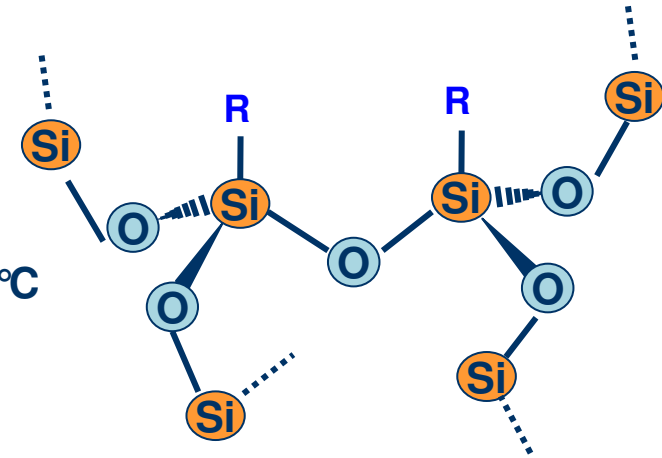
Aktivierungstemperatur: 80 °C

Essigsäure, Phosphorsäure

Aktivierungstemperatur: > 120 °C

Schwefelsäure, Alkalien

Aktivierungstemperatur: Raumtemperatur



SiliXane: Wasserfreie direkte Härtung von Silanen zu Siloxanen  
→ Anpassung der Härtung an die jeweilige Anwendung möglich

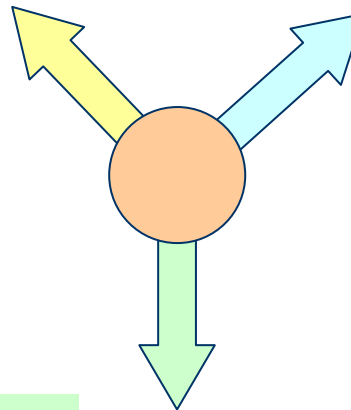
## Vergleich!

### Silikone

Kratz- und Abriebfestigkeit 🇸🇮  
Flexibilität 👍  
Chemikalienbeständigkeit 👍  
UV-Beständigkeit 👍  
Lagerstabilität 👍  
Flammpunkt 👍

### Sol-Gel-Materialien

Kratz- und Abriebfestigkeit 👍  
Flexibilität 🇸🇮  
Chemikalienbeständigkeit 🇸🇮  
UV-Beständigkeit 🇸🇮  
Lagerstabilität 🇸🇮  
Flammpunkt 🇸🇮



### SiliXane

Kratz- und Abriebfestigkeit 👍  
Flexibilität 👍  
Chemikalienbeständigkeit 👍  
UV-Beständigkeit 👍  
Lagerstabilität 👍  
Flammpunkt 👍

Kombination der  
positiven  
Eigenschaften!

Neue  
Bindemittelklasse!

# Abriebfestigkeit



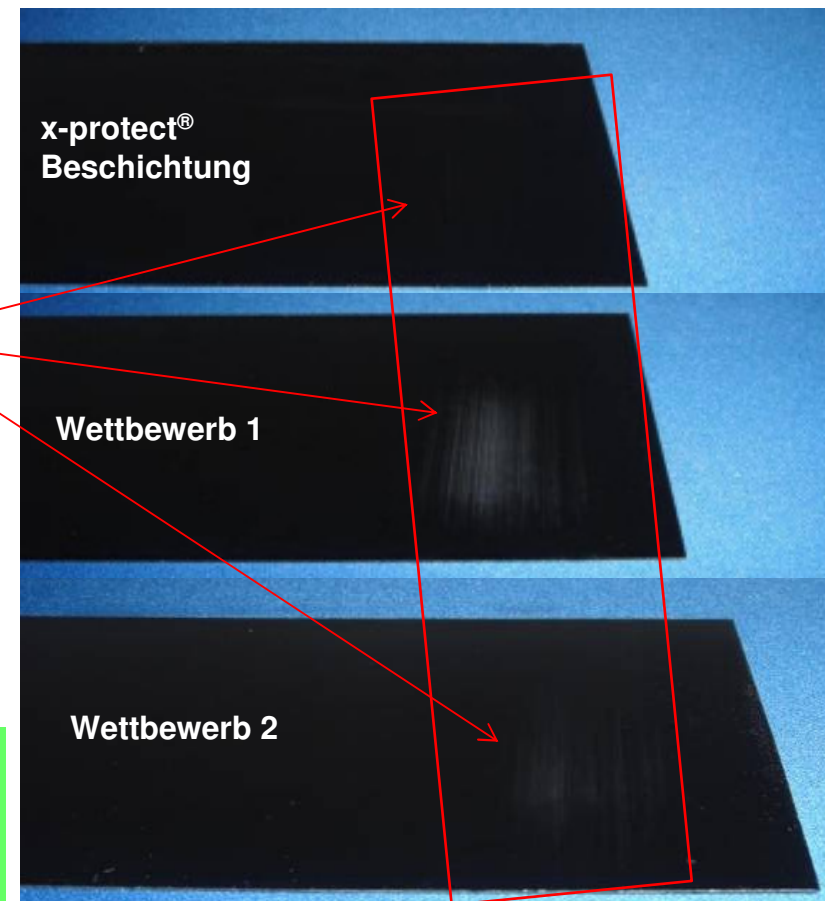
## Klarlack auf Basecoat

- 1. Crockmetertest**  
(nach DIN EN ISO 105-X12)  
10 Doppelhübe Schleifpapier 3M  
Polishing Paper 9mic (81330)



**Belastete  
Fläche**

**x-protect® Beschichtung zeigt hohe  
Beständigkeit gegen verwendetes  
Schleifpapier → keine Kratzer sichtbar!**

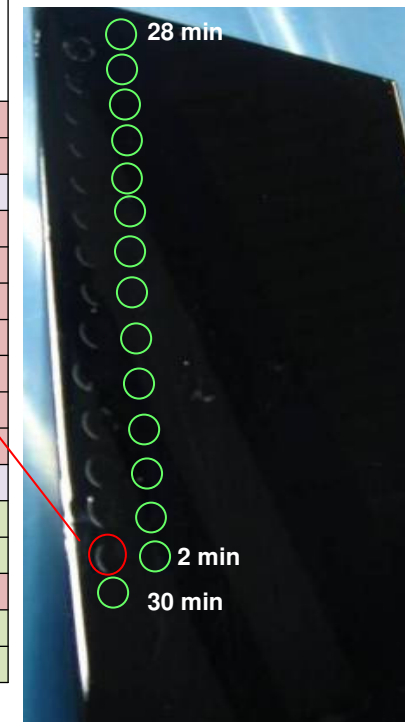


# Chemikalienbeständigkeit



## Klarlack auf Basecoat

Prüfung		Sollwert	Istwert x-protect® Beschichtung	Istwert Wettbewerb 2
Säurebeständigkeit	Schwefelsäure 36%	Anquellung nach $\geq 13$ min	16 min	12 min
		Anätzung nach $\geq 30$ min	32 min	24 min
Chemikalienbeständigkeit im Gradientenofen	Schwefelsäure 1%ig	$\geq 55^\circ\text{C}$	49°C	38°C
	Salzsäure 10%ig	$\geq 55^\circ\text{C}$	78°C	38°C
	Salpetersäure 1%ig	$\geq 55^\circ\text{C}$	46°C	35°C
	Natronlauge 5%ig	$\geq 55^\circ\text{C}$	55°C	44°C
	VE-Wasser	$\geq 60^\circ\text{C}$	>80°C	43°C
	Künstliches Baumharz	$\geq 45^\circ\text{C}$	>80°C	35°C
	Pankreatin/VE-Wasser	$\geq 55^\circ\text{C}$	46°C	36°C
Beständigkeit gegen Hilfs- und Betriebsstoffe bei 60°C	Außenhautkonservierer	$\leq 1$	0	0
	Hohlraumkonservierer	$\leq 3$	2	2
	Felgenreiniger	$\leq 1$	1	4
	Entkonservierer	$\leq 0$	0	0
	Scheibenwaschwasser	$\leq 2$	1	1



**x-protect® Beschichtung zeigt im Vergleich zum Wettbewerb höhere Chemikalienbeständigkeiten!**



# Witterungsbeständigkeit



## QUV-A-Schnelltest

1. QUV (nach ISO11507/4892-3)  
4h/50 °C Kondensklima abwechselnd mit 4h/60 °C UVA-Belastung  
(340nm)



x-protect® Proben zeigen nach 3000h QUV-Test keine Rissbildung, Vergilbung, Flecken oder Quellungen → sehr gute UV-Stabilität

# ETC DB



## Klarlack

### Problem:

- ETC Versiegelung (AG, Edding usw)
- Innen und außen
- Kombination Silixan mit Worlee Protect



### Lösung:

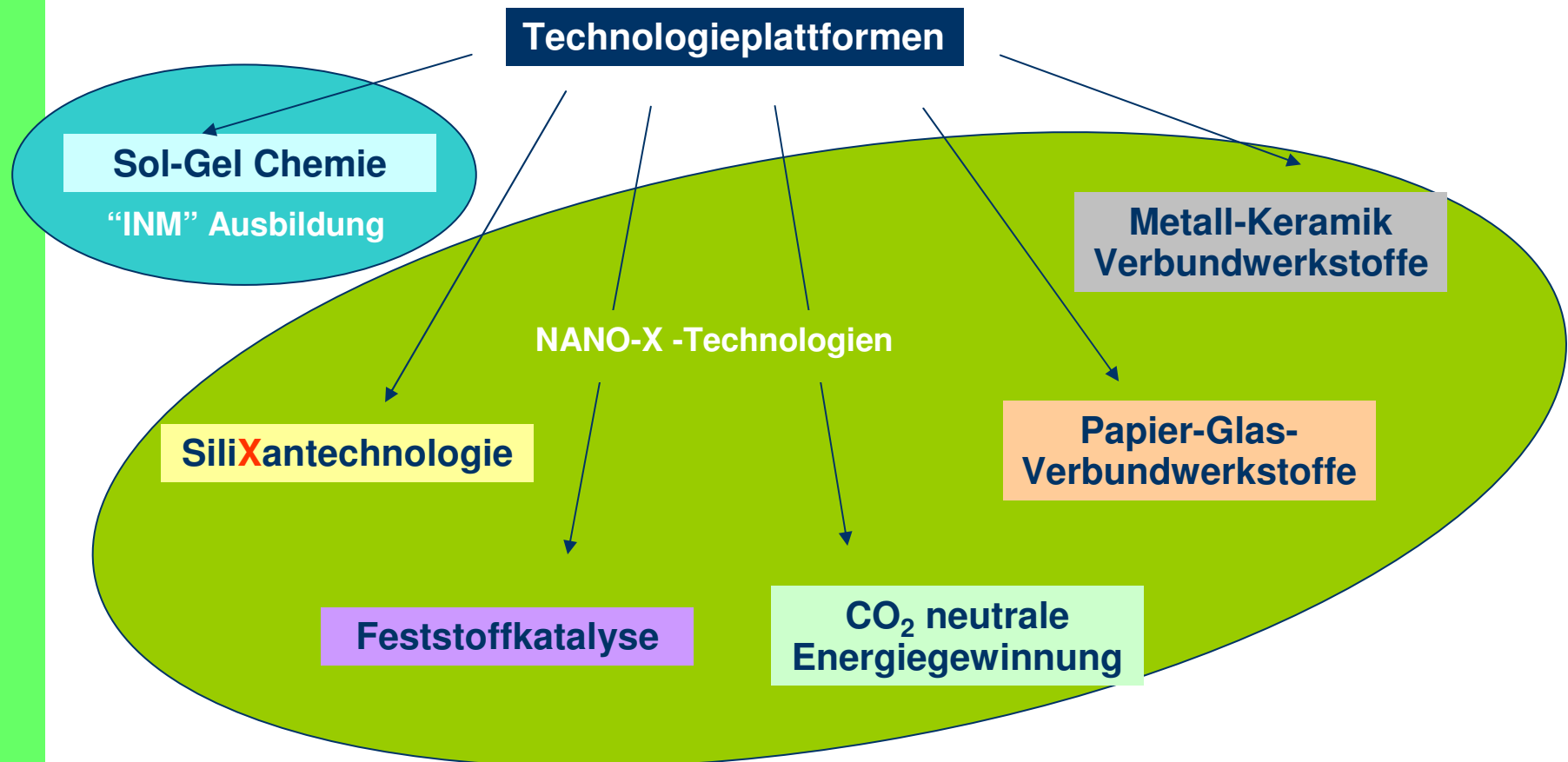
- SiliXan Technologie
- Hohe Dichtigkeit
- RT Härtung



# Derzeitige Grundlagenarbeiten



Forschung



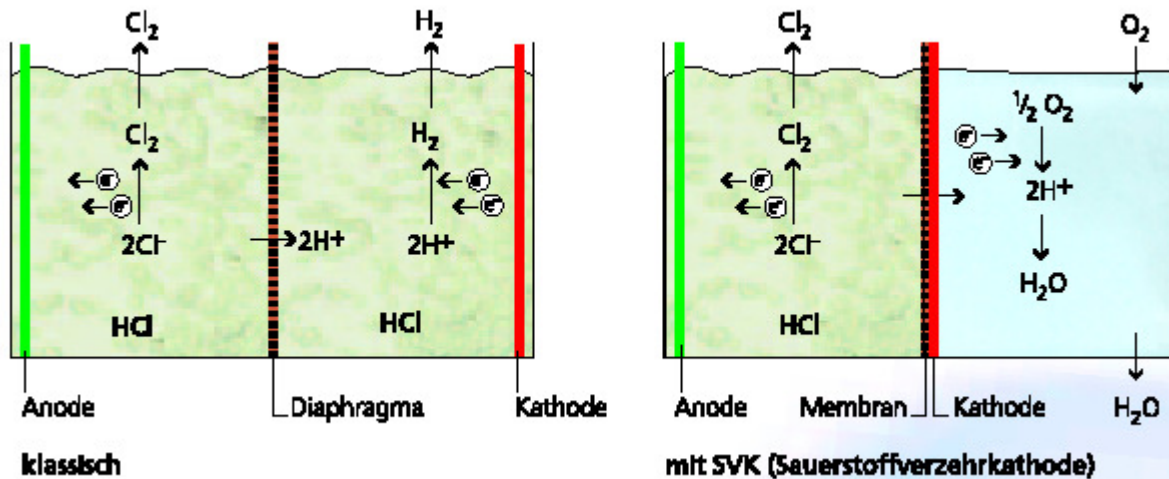
# Chlorherstellung



## Katalyse

### Problem:

- Chlor Rohstoff für viele Grundchemikalien
- Herstellung über teure Elektrolyse (Strom)
- Suche nach Katalysatoren zur Erniedrigung der Aktivierungsenergie
- BMBF Projekt (3 Jahre/300.000 Euro)



# H<sub>2</sub>-Gewinnung



## Photokatalyse

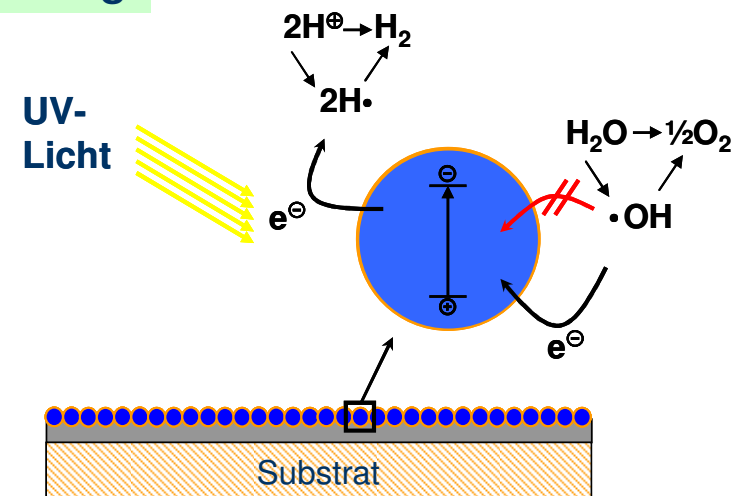
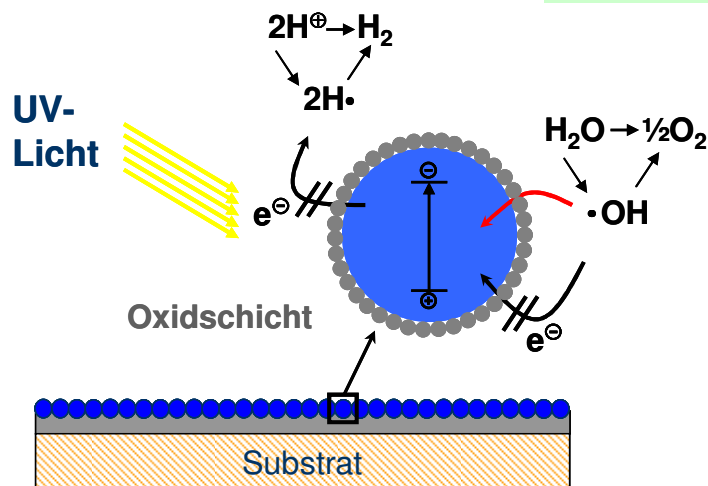
- Wasserstoffgewinnung durch Zersetzung von Wasser
- ZnP2 (80% Ausbeute) und Tantaloxid (50% Ausbeute)
- Solarzellen ca. 25%
- Konzept: Garagendach zur Treibstoffgewinnung!!!

Diplomarbeit



UNIVERSITÄT  
DES  
SAARLANDES

CO<sub>2</sub> neutrale  
Energiegewinnung



# X-form® Technologie



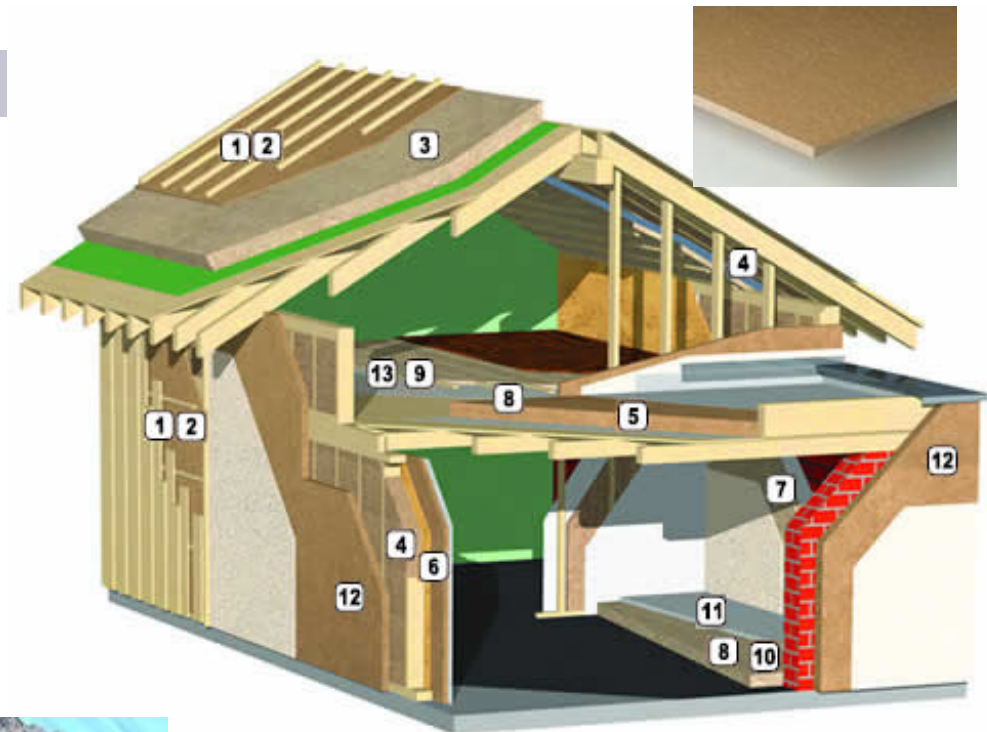
## Felix-Schöller

### Problem:

- Kombination aus einem Dämmstoff mit den Eigenschaften:
- Kompostierbar
- Wasserbeständig, aber durchlässig
- Leicht und Flexibel
- Mechanisch bearbeitbar
- Ungiftig
- Günstig
- Nicht brennbar

### Lösung:

- Wässriger Glasbinder und Pulp
- Gute Festigkeit
- Nicht brennbar



Papier-Glas-  
Verbundwerkstoffe

Partner:



**Felix Schoeller**

# Zusammenfassung



## Nanotechnologie

- Viele neue Effekte sind auf dem Weg zu innovativen Produkten
- Die Wege aus der Niche sind beschriftet
- Umweltbewusstsein steht bei allen Produkten an vorderster Front
- 
- Risiken der Nanotechnologie derzeit hauptsächlich bei der Herstellung
- Nach Applikation sind Nanopartikel im Allgemeinen fest gebunden
- Jedes neue Produkt, jedes neue Beschichtungsmaterial muss im Einzelfall nach bestehenden Richtlinien für seinen speziellen Einsatzzweck geprüft werden.

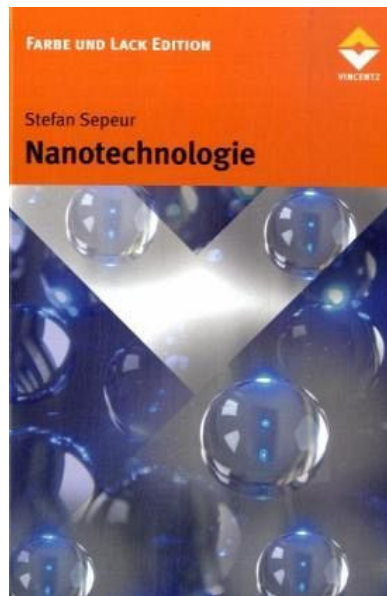


# Buchveröffentlichung

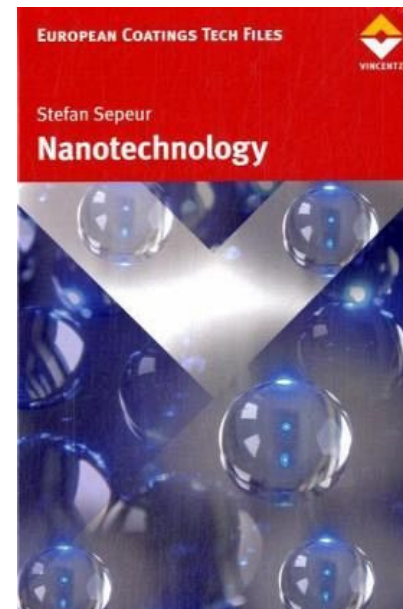


## Literatur

**Fachbuch: „Nanotechnologie“ / „Nanotechnology“  
By Stefan Sepeur, Nora Laryea, Stefan Goedicke & Frank Gross**



**ISBN-10: 3878703333  
Farbe und Lack Edition**



**ISBN-10: 3866309066  
European Coating Tech Files**

**Danke für Ihre Aufmerksamkeit!**



**NANO-X GmbH**  
**Theodor-Heuss-Straße 11a**  
**66130 Saarbrücken**

**Tel: 0681-95940-37**  
**Fax: 0681-95940-15**  
**Web: [www.nano-x.de](http://www.nano-x.de)**

