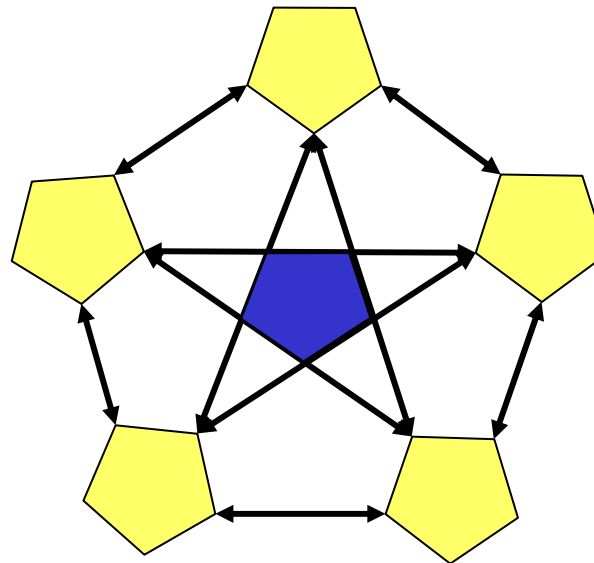


# Forschungsagenda Oberfläche

**Analyse des Innovations- und Nachhaltigkeitspotentials und Erarbeitung von Leitlinien der Oberflächenforschung**



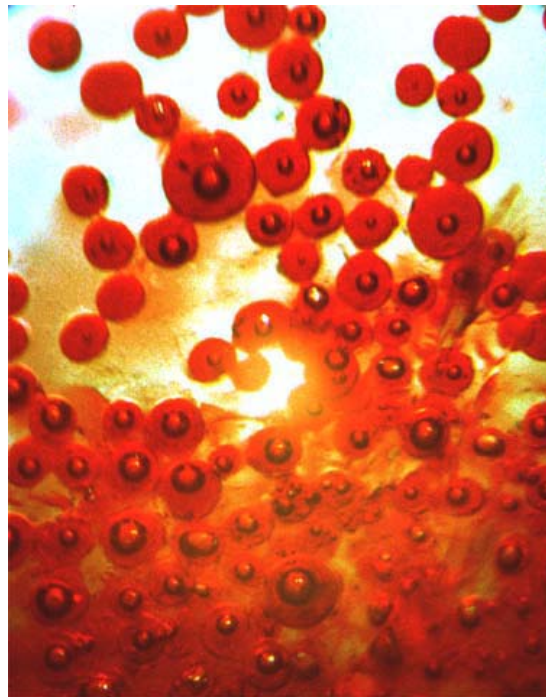
Ein BMBF gefördertes DFO-Zukunftsprojekt

# Leuchtturmthema

## "Selbstheilende Schichten"





Dr. Volkmar Stenzel, Fraunhofer IFAM, Bremen - Lacktechnik

Dr. Ulrike Mock, Fraunhofer IFAM, Bremen - Lacktechnik



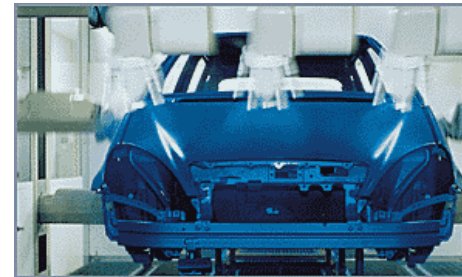
[www.autonomic.uiuc.edu/gallery.html](http://www.autonomic.uiuc.edu/gallery.html)

## Anwendungsfelder

-  **Flugzeugbau / Fahrzeugbau**
-  **Windenergie**
-  **Schwerer Korrosionsschutz**
-  **Möbelherstellung**

## Aspekte

### 1) Selbstheilung von Lacken mit dekorativer Funktion (Automobillack)



Bildnachweis: BASF Coatings AG

### 2) Selbstheilung von Beschichtungen mit struktureller Funktion:

- ◆ Korrosionsschutz
- ◆ Abriebschutz
- ◆ UV-Schutz



Bildnachweis: AN windenergie gmbh

## Aspekt 1- Beispiel: Automobil-Decklack

### Problem:

Kratzer stören den optischen Eindruck der Oberfläche

➡ Fahrzeug verliert an Wert.

### Nutzen der Entwicklung:

Selbstheilende Oberfläche führt zu längerer Werterhaltung

➡ Kunde erhält spürbare Qualitäts-Verbesserung

➡ **Markenimage des OEM verbessert!**

## Lösungsansatz:

Verlaufen der Kratzer durch „Reflow-Effekt“



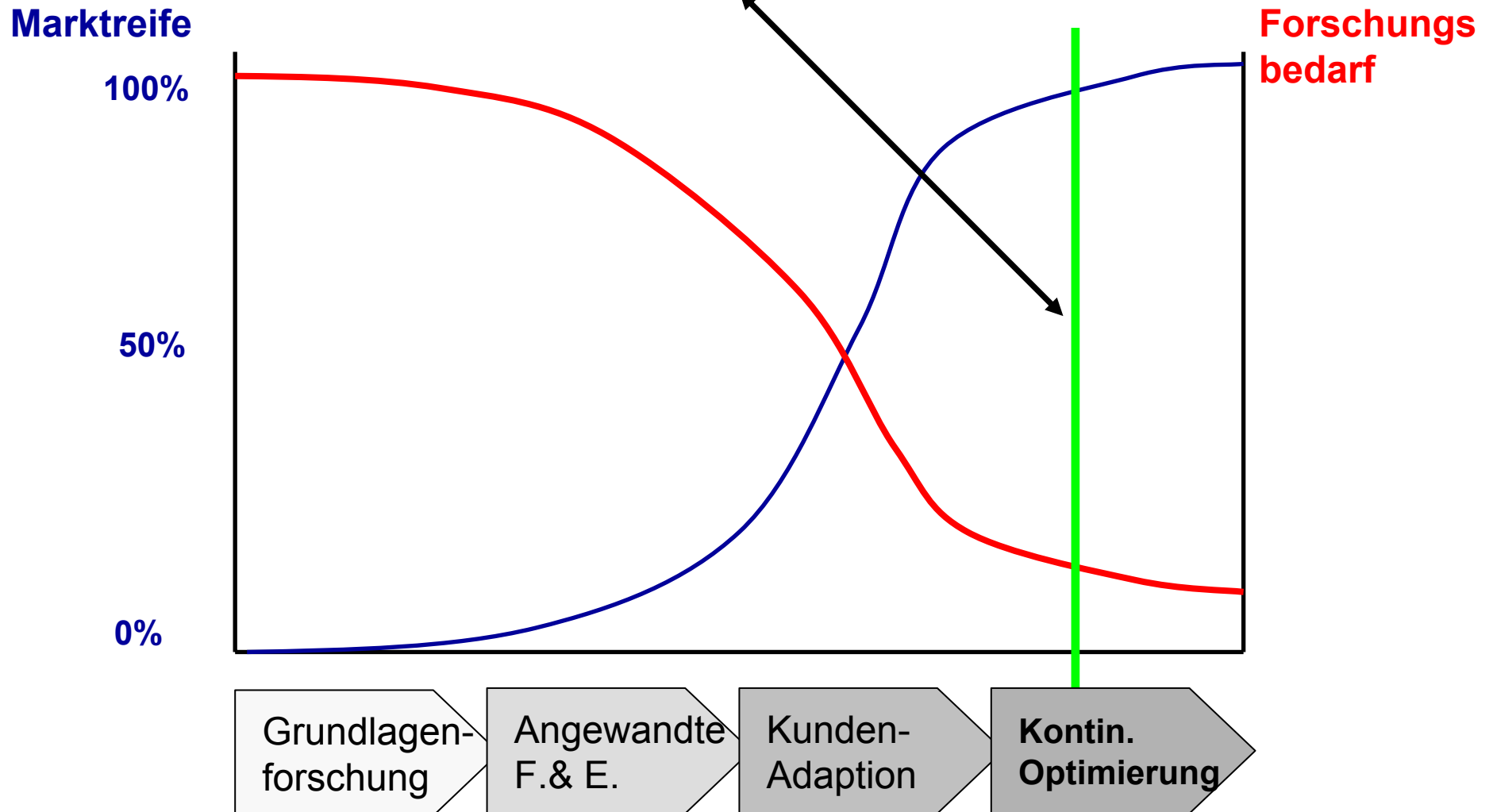
**Kratzer vor Reflow**



**Kratzer nach Reflow**

Bilder: [www.lycos.de/startseite/auto/news\\_service/show\\_news.html](http://www.lycos.de/startseite/auto/news_service/show_news.html)

## Status „Selbstheilung durch Reflow“



## Aspekt 2 - Selbsteheilung von Schutzbeschichtungen

### Problem:

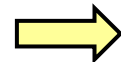
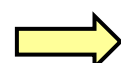
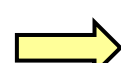
Zerstörung der Beschichtung (Rissbildung etc.) führt zu Schwächung oder Versagen eines Bauteils / Bauwerks

⇒ Hoher Aufwand für Wartung und Reparatur

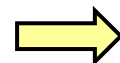
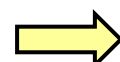
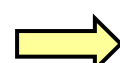

⇒ Gefahr des Verlustes von investiertem Kapital

⇒ Gefährdung von Menschen

## Nutzen:

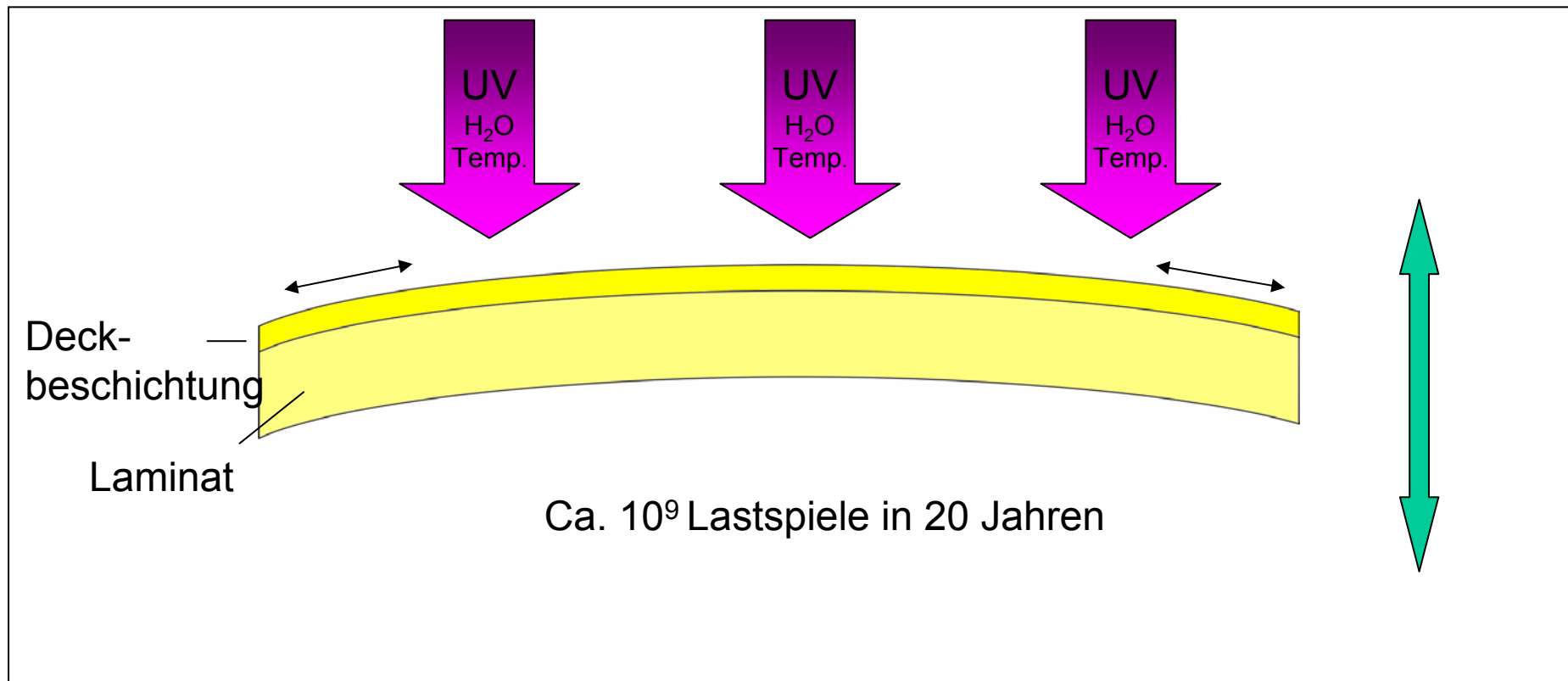
-  Senkung der Kosten für Wartung und Reparatur
-  Erhöhung der Lebensdauer von Investitionsgütern
-  Erhöhung der Sicherheit für Mensch und Gesundheit

## Anwendungen:

-  Schwerer Korrosionsschutz
-  Windenergie
-  Flugzeugbau
-  Fahrzeugbau

## Beispiel: Oberflächenschutz von Windenergieanlagen

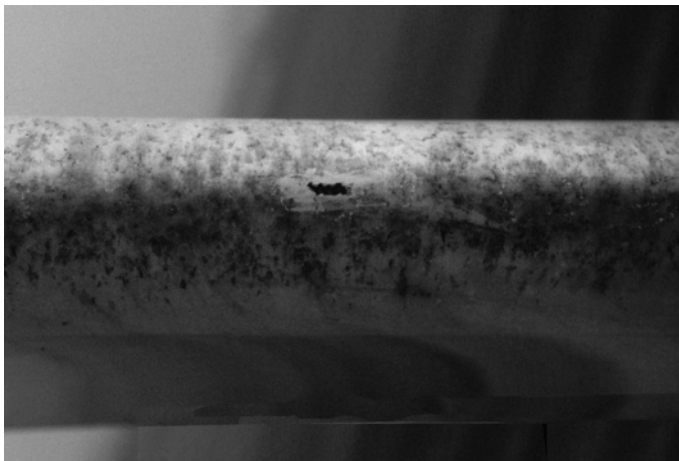
**Problem: Kombination von Umwelteinflüssen und Dynamik**



## Beispiel: Oberflächenschutz von Windenergieanlagen

### ⬡ Auswirkung:

Rissfortpflanzung schädigt Gelcoat und Struktur des Laminats!



## Beispiel: Oberflächenschutz von Windenergieanlagen

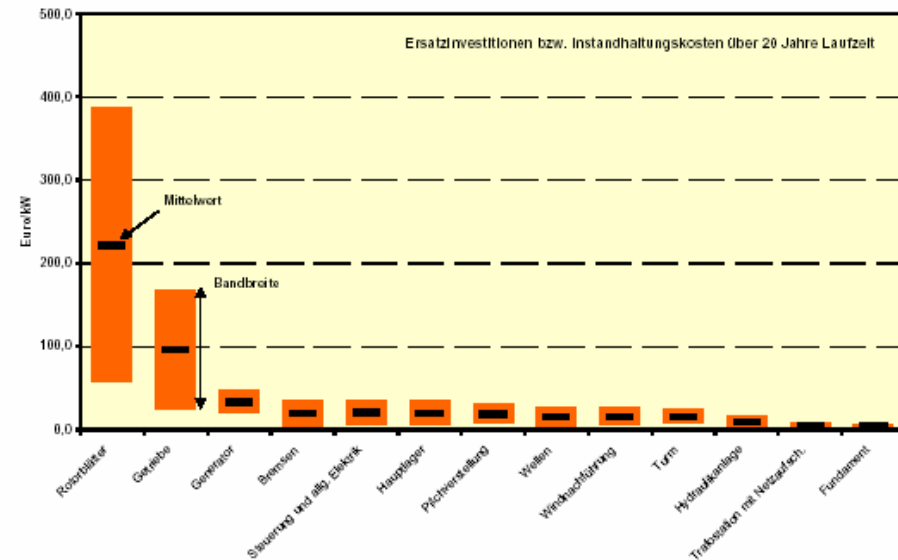
### Wirtschaftliche Bedeutung:

Ca. 18.000 Anlagen auf Land in Betrieb  
Kosten für Wartung und Reparatur  
der Rotorblätter: ca. 165 Mio. EUR/a

Ca. 5.000 Anlagen Offshore in  
Planung

Kosten für Wartung und Reparatur (falls möglich): > 100 Mio. EUR/a

**Wirtschaftliche Bedeutung in weiteren Branchen  
(Luftfahrt, Korrosionsschutz, etc.) eher höher!**



# Lösungsansätze

## Vorbild aus der Natur:

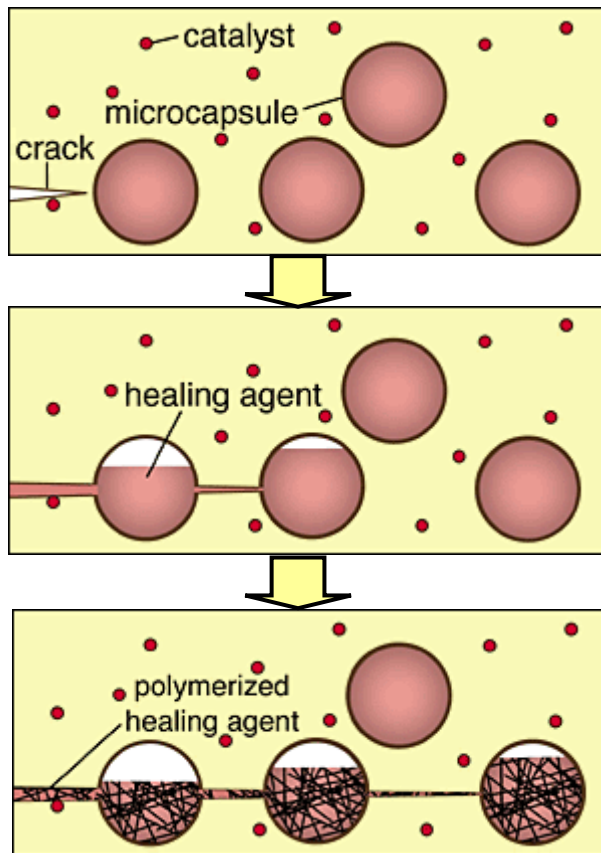


**Forschungsansätze USA: „Institute for Biologically Inspired Materials“ der NASA,  
Etat: 30 Mio. \$**

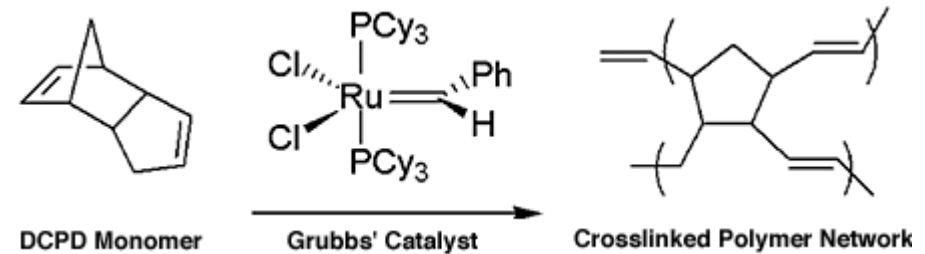
## Lösungsansätze

### 1. White and Sottos, University of Illinois

**Konzept: Heilungsreagenz in Mikrokugeln, Kat. in Matrix**



**Chemie der Selbstheilungsreaktion:**

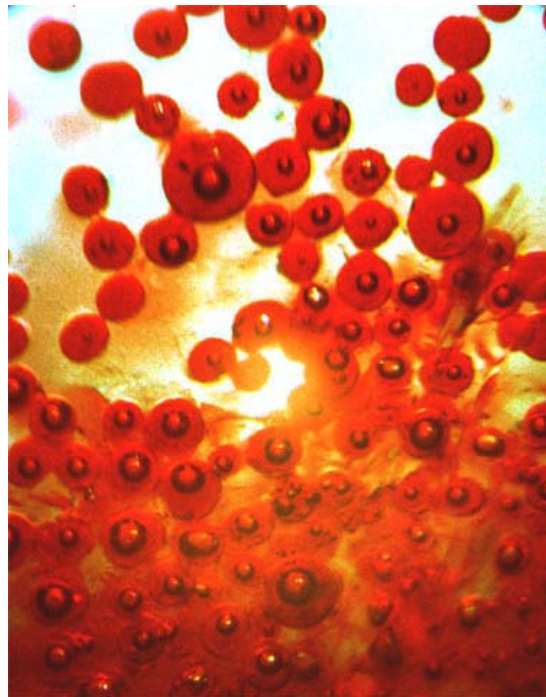


**Nachteil: Keine Nachlieferung des Heilungs-Wirkstoffes**

# Lösungsansätze

## 1. White and Sottos, University of Illinois

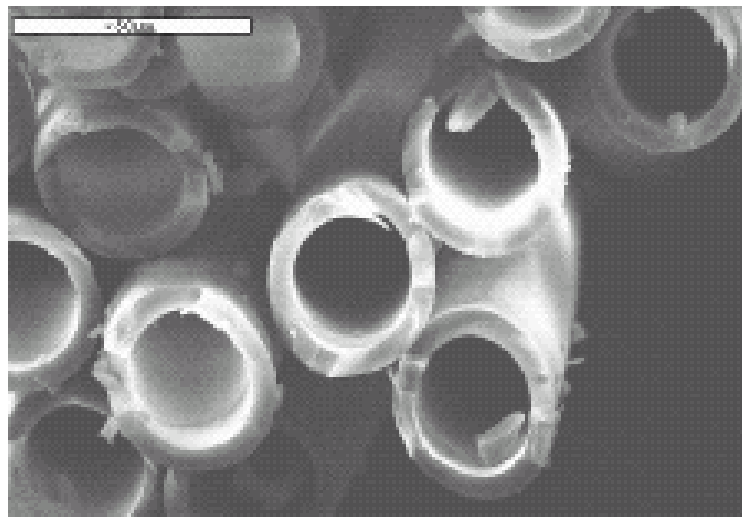
**Konzept: Heilungsreagenz in Mikrokugeln, Kat. in Matrix**



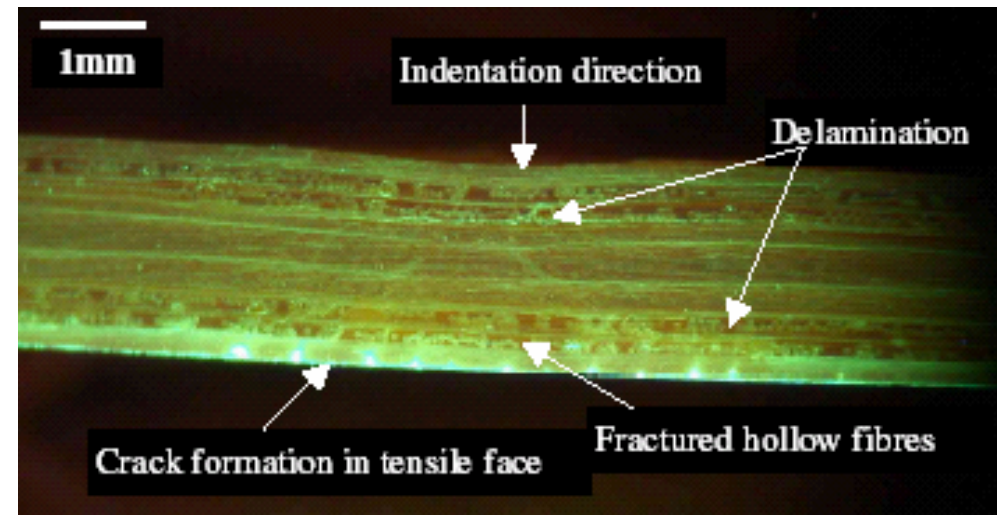
## Lösungsansätze

### 2. Bond et. al., University of Bristol

Konzept: Hohle Glasfasern gefüllt mit Harz und Härter



Hohle Glasfasern als Harz / Härter  
Behälter



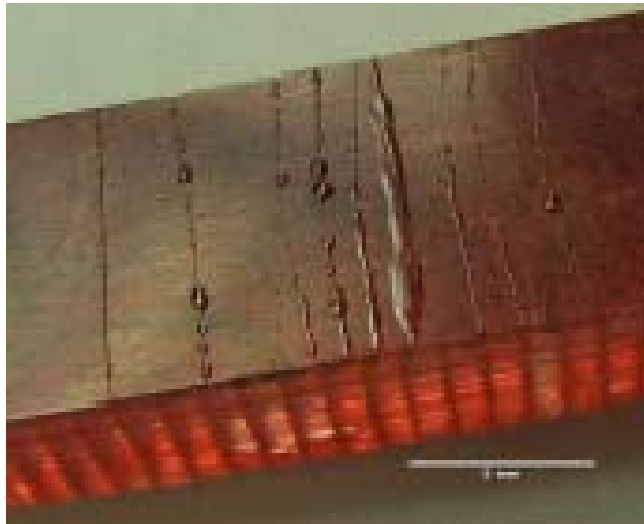
Ausheilte Bruchstellen, Heilungsharz  
mit Fluoreszenzfarbstoff markiert

## Lösungsansätze

### 3. White and Sottos, University of Illinois

#### Konzept: Heilungsreagenz in Kanälen

1. Schritt: Erzeugung einer Kanalstruktur , z.B. aus Paraffin
2. Schritt: Umhüllen der Struktur mit Lackmatrix
3. Schritt: Entfernen des Paraffins
4. Schritt: Befüllen der Kanäle mit Heilungsharz (Chemie entsprechend Mikrokugeln)
6. Schritt: Applikation einer Deckschicht mit Polymerisationskatalysator

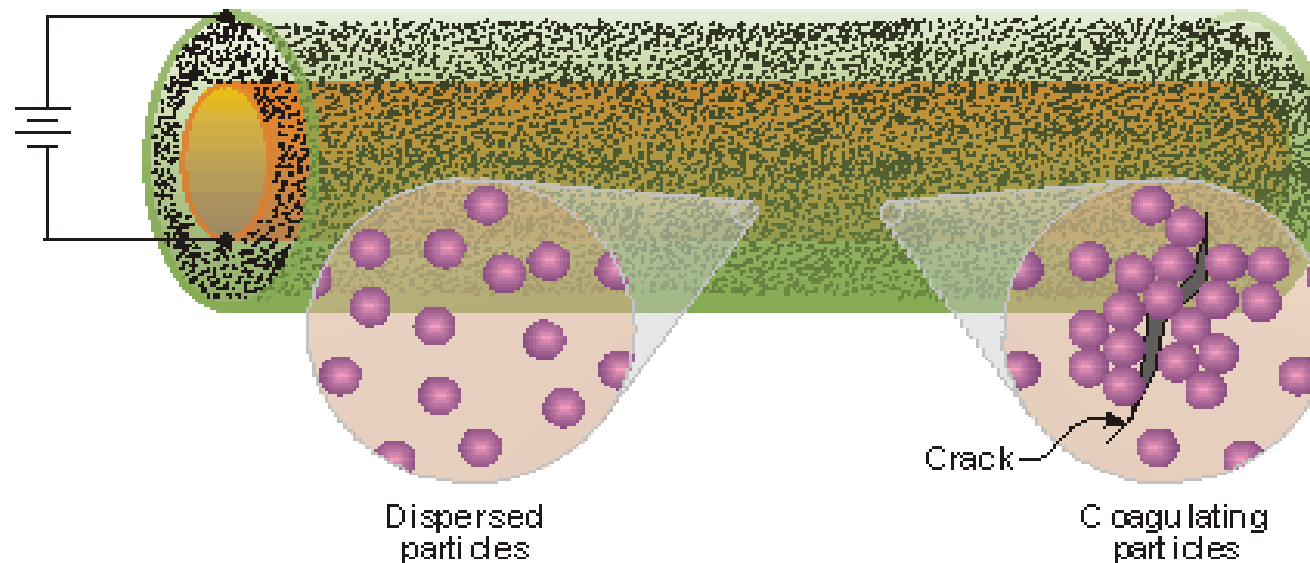


## Lösungsansätze

### 4. Aksay and Saville, Princeton

#### Konzept: Heilung durch elektrische Stimulierung

Stromfluss an Defekt führt zu Koagulation von Polymerpartikeln



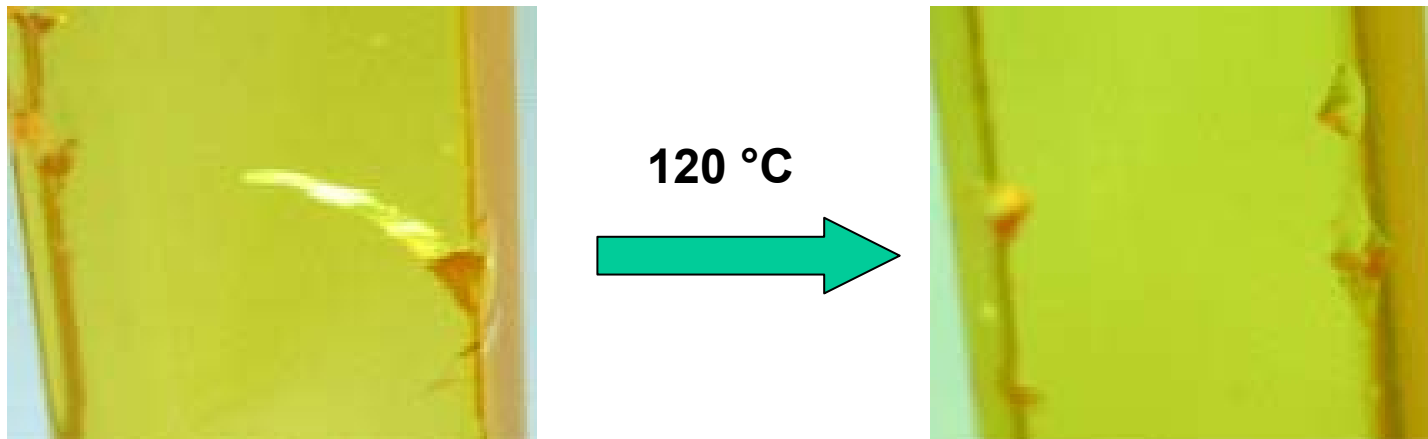
# Lösungsansätze

## 5. Chen et. al., UCLA

### Konzept: Heilung durch reversible Polymerisation

Polymer wird durch Temperaturerhöhung zerstört

(Retro Diels-Alder Reaktion) und bei Abkühlung neu gebildet.



## Status „Selbstheilung von Schutzbeschichtungen“

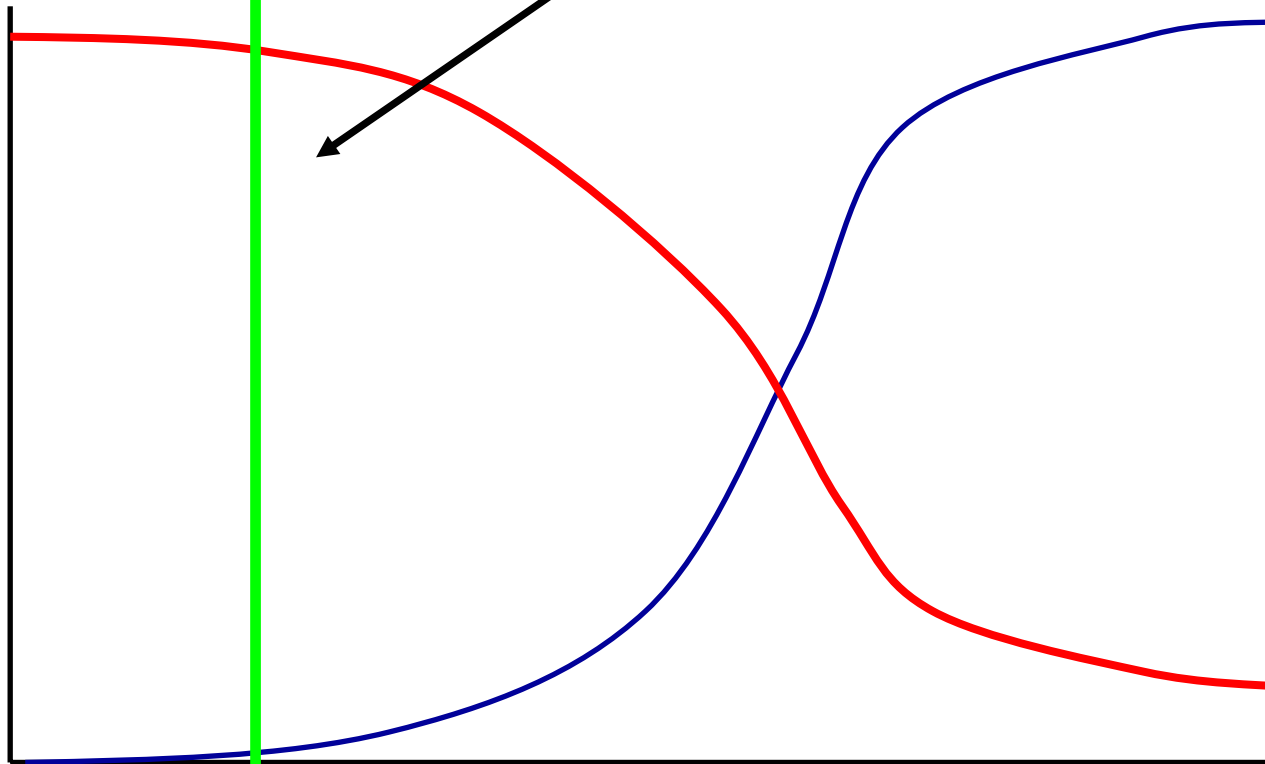
Marktreife

100%

50%

0%

Forschungsbedarf



Grundlagen-  
forschung

Angewandte  
F.& E.

Kunden-  
Adaption

Kontin.  
Optimierung

## Forschungsbedarf „Selbsteilung von Schutzbeschichtungen“

- ⬠ **Zeit bis zur kommerziellen Nutzung mindestens 10 Jahre**
- ⬠ **Abschätzung finanzieller Bedarf zur Industriereife im Bereich bis 50 Mio. EUR**
- ⬠ **Adäquate Ressourcen und Personal in Deutschland vorhanden**