

# Multifunktionale Composite für Elektronik-Anwendungen

Stefan R. Lüthi

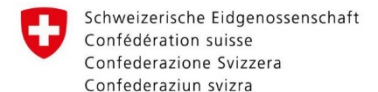
Institut für Mikro- und Nanotechnologie  
Interstaatliche Hochschule für Technik Buchs NTB

# Gliederung

- **Kurzvorstellung:**
  - Innerstaatliche Hochschule für Technik Buchs
  - Institut für Mikro- und Nanotechnologie
  - Polymerics-Gruppe
- **Warum multifunktionale Composite ?**
- **Drei Fallbeispiele aus der angewandten Forschung & Entwicklung**
  - Transparenter, hochbrechender Optik-Klebstoff
  - Elektrisch leitender Klebstoff
  - Thermisch leitende Vergussmasse



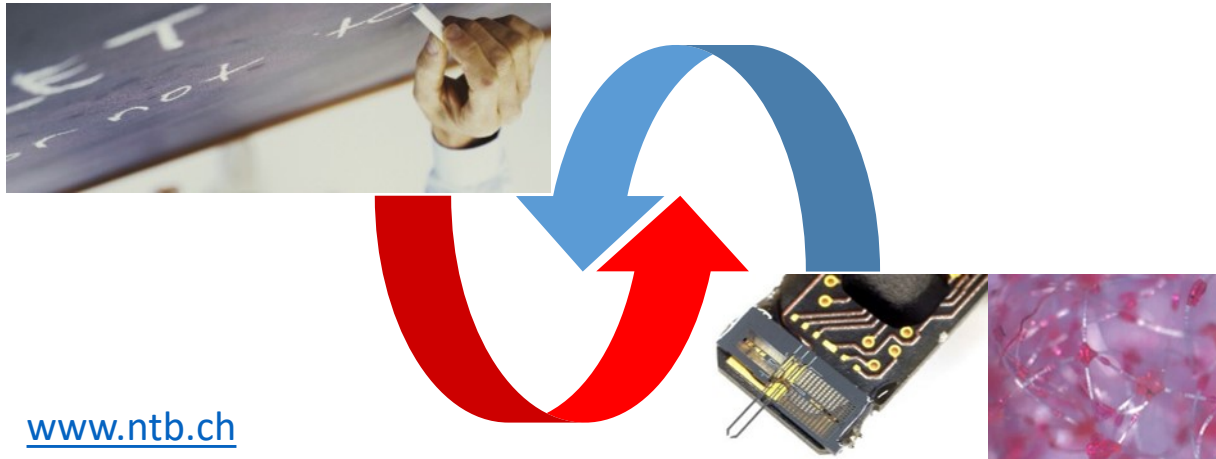
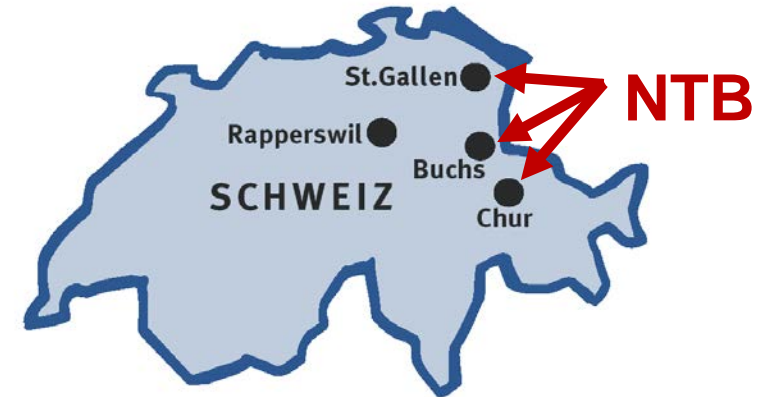
## Industrie- & Projektpartner:



Kommission für Technologie und Innovation KTI

## NTB Buchs

- Fachhochschule, Mitglied der FHO
- Bachelorstudiengang Systemtechnik<sup>NTB</sup>
- ca. 450 Studierende
- ca. 200 Mitarbeiter in 7 Instituten
- Mission: Ausbildung & Technologietransfer



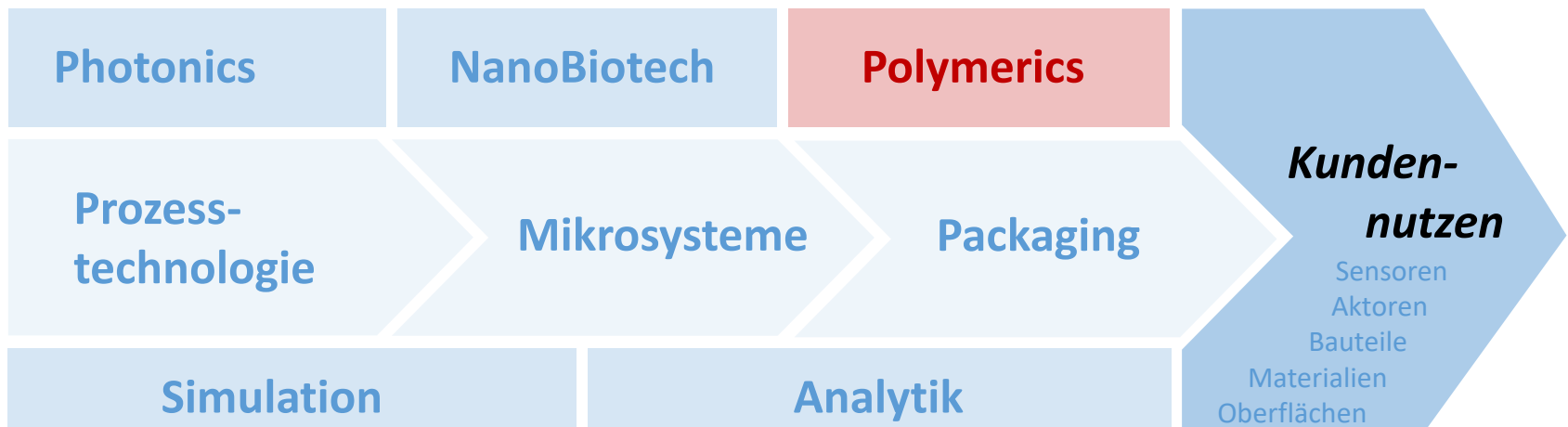
### Institute:

• ICE	Computational Engineering
• ESA	Elektronik, Sensorik & Aktorik
• IES	Energiesysteme
• EMS	Entwicklung mechatronischer Systeme
• INF	Ingenieurinformatik
• <b>MNT</b>	Mikro- & Nanotechnologie
• PWO	Produktionsmesstechnik, Werkstoffkunde & Optik

[www.ntb.ch](http://www.ntb.ch)

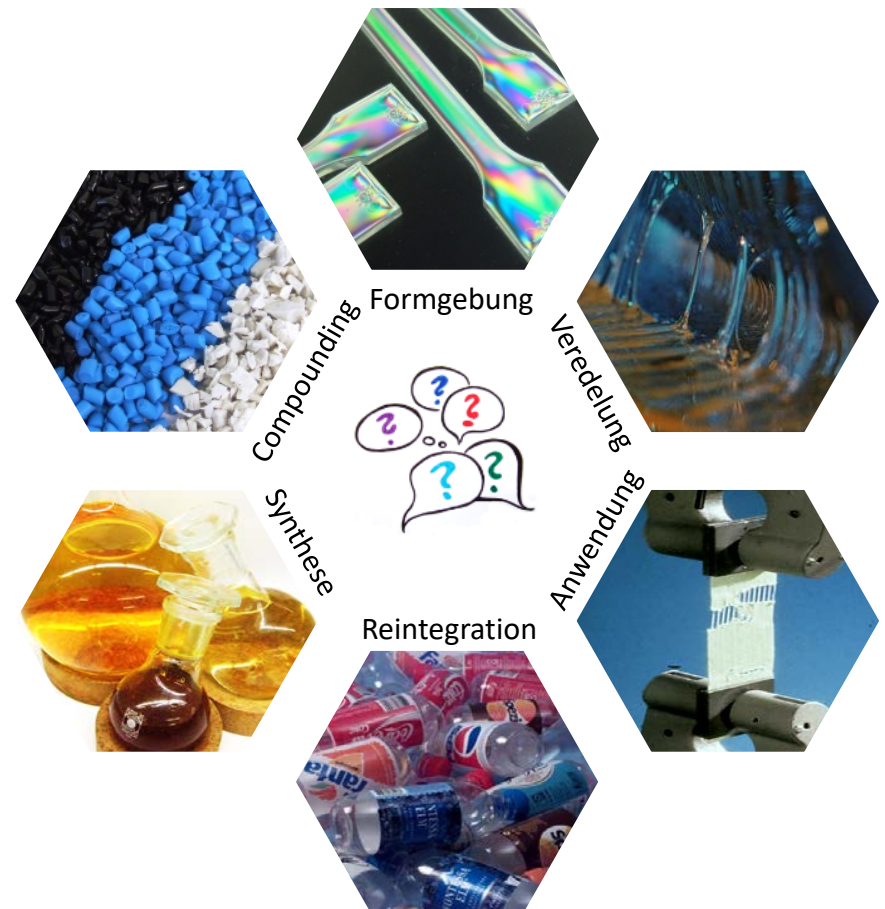
# Institut für Mikro- & Nanotechnologie

- 5 Dozenten
- 30 Mitarbeiter
- Gesamte Prozesskette der Entwicklung von Mikrosystemen
- Mikrostrukturierung
- Advanced Materials



# Polymeric Group

- Chemie & Technologie von Polymerwerkstoffen
- Werkstoffanalysen, Schadensaufklärung
  - Expertisen
  - Gutachten
  - Dienstleistungen
- Angewandte F&E:  
**Funktionale Werkstoffe & Materialprüfung**
  - Funktionspolymere, Nanocomposite
  - Oberflächenmodifikation
  - Mikrostrukturierung
  - Langzeitbeständigkeit, Reintegration
  - Industrietaugliche Prüfmethode



[www.polymeric.ch](http://www.polymeric.ch)

# Warum multifunktionale Composite ?

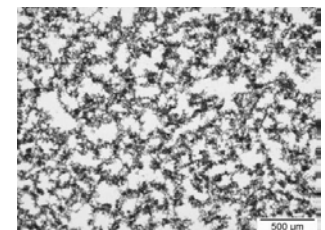
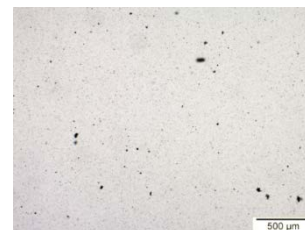
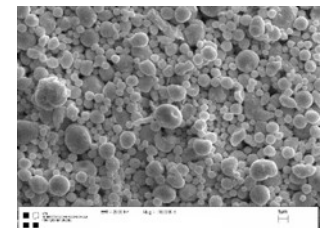
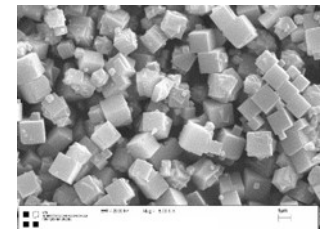
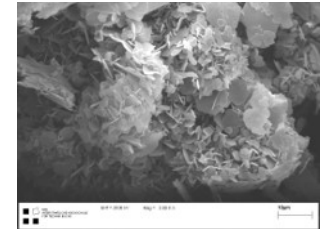
- Chemischer Aufbau bestimmt Werkstoffeigenschaften
- Physikalisches Eigenschaftsprofil von Polymerwerkstoffen durch Modifikation von Rohharzen & Additiven manipulierbar
- Zusatzstoffe – insbesondere Mikro- & Nanopartikel – können Eigenschaften schon bei geringen Füllgraden signifikant verändern

## Wichtige Aspekte:

- Verträglichkeit
- Gute Anbindung
- Verteilung der Zusatzstoffe
- Form, Grösse, Füllgrad

→ Verständnis für Matrix & Zusatzstoffe

→ Beherrschen der Synthese- & Verarbeitungstechniken

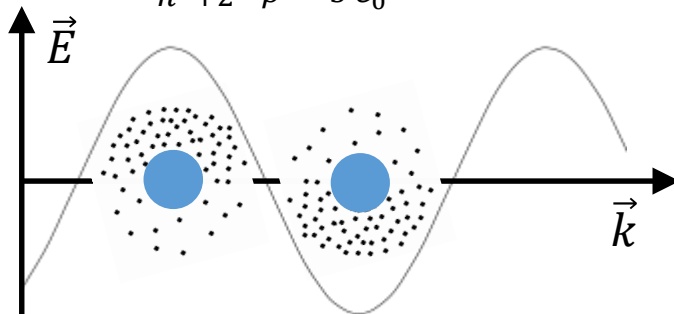


# Hochbrechender Optik-Klebstoff

- Klebstoffe & Vergussmassen mit angepasstem Brechungsindex verbessern Leistung transmissiver Optiken
- Hochbrechende Materialien ermöglichen maximale Aufweitung des Strahlenganges
- Hoher Brechungsindex durch:
  - stark polarisierbare Atomgruppen
  - hochbrechende Nanopartikel

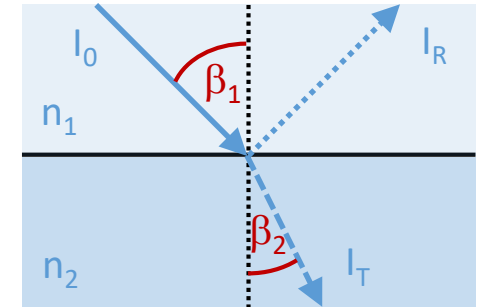
Polarisierbarkeit  $\alpha$  von Atomen und Bindungen:

$$\frac{n^2-1}{n^2+2} \cdot \frac{M}{\rho} = \frac{1}{3 \cdot \epsilon_0} \cdot N_A \cdot \alpha_\lambda = R_M$$



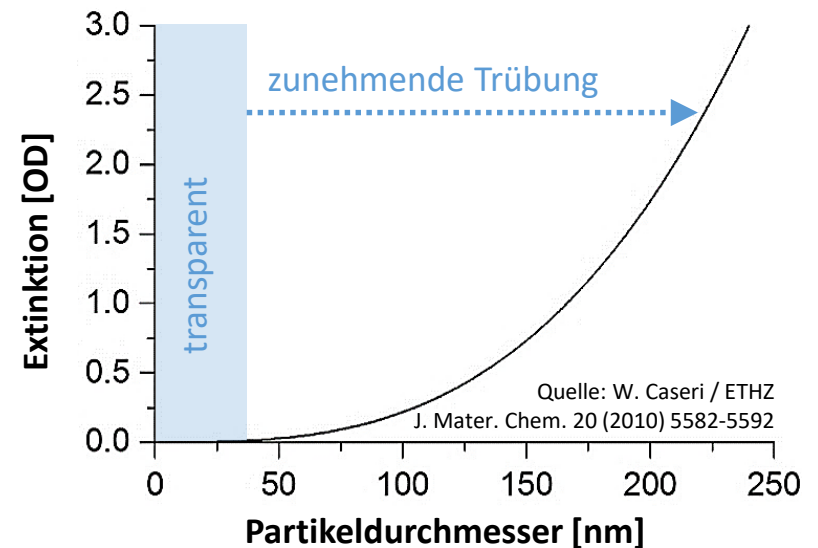
Brechungsgesetz von Snellius:

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{\sin \beta_1}{\sin \beta_2}$$



Reflexion  $R$  (senkrechter Einfall):

$$R = \left( \frac{n_2 - n_1}{n_2 + n_1} \right)^2$$

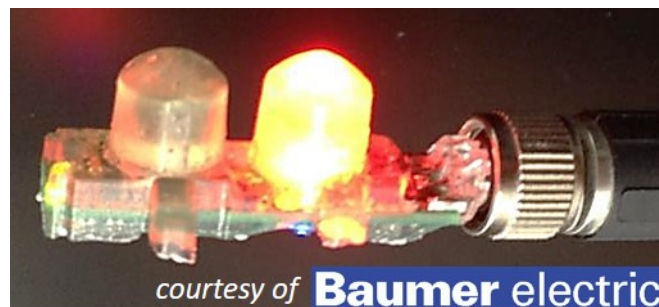


# Hochbrechender Klebstoff

- **Anwendung Klebefuge**  
 Nahezu vollflächige Abbildung dank hochbrechender Klebefuge



- **Anwendung Vergussmasse**  
 Optischer Sensor in hochbrechender Vergussmasse mit Linsenwirkung



## Epicol 173 Hochbrechender Optikklebstoff

Beschreibung	
System:	1K-Tiefgefroren
Farbe:	transparent, gelblich
Konsistenz:	dünnflüssig
Festkörper:	100% / lösungsmittelfrei
Topfzeit:	90 Minuten
Aushärtung:	Ofen
Temp.-bereich:	-40 °C bis +95°C

Spezifikationen	
Richtlinie 2011/65/EG:	RoHS kompatibel
EG - Nr. 197/2006:	REACH konform

APM Epicol 173 ist ein hochbrechender Polythiourethanklebstoff mit einem Brechungsindex  $n_D^{20}$  von 1.73. Der Klebstoff ist als tiefgefrorener 1K-Klebstoff verfügbar. Epicol 173 wird typischerweise im Bereich der Optik für spannungsarme Kunststoff-, Metall- oder Glas-Klebgungen, sowie als Vergussmasse verwendet.

Eigenschaften Klebstoff flüssig	
Farbe Mischung:	transparent, gelblich
Harzkomponente:	Thiol
Härterkomponente:	Isocyanat
Viskosität: 25°C	29 mPa·s
40°C	20 mPa·s
60°C	15 mPa·s
Topfzeit: 25°C	90 Minuten
40°C	34 Minuten
60°C	8 Minuten

werden mit wässrigen Reinigern oder mit sauberen Lösungsmitteln gereinigt.

Bei diesen Werkstoffen sowie insbesondere bei Kunststoffen hat sich die Vorbehandlung der Oberflächen durch Plasmabehandlung bewährt. Die Plasmabehandlung trocknet die Oberfläche und verbessert die Benetzbarkeit, was für eine gute Haftung des Klebstoffes ein Vorteil ist. Bei Kunststoffen wird die Oberfläche auch chemisch modifiziert, was vor allem bei schlecht klebbaren Kunststoffen zu einer klebbaren Oberfläche führt. Primer sind kein Ersatz für die Oberflächenvorbehandlung. Die Haftung wie auch die Alterungsbeständigkeit kann durch die Anwendung von Primern verbessert werden.

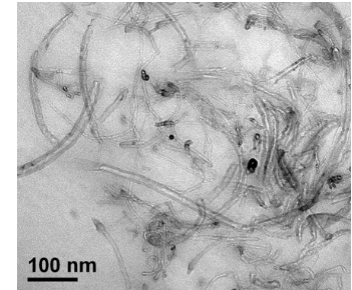
### Oberflächenvorbehandlung / Reinigung

Die zu klebenden Oberflächen müssen **absolut trocken** und frei von Staub, Öl, Trennmitteln und anderen Verunreinigungen sein. Die gewählte Art der Oberflächenvorbehandlung hängt vom jeweiligen Anforderungsprofil (Sauberkeit, Festigkeit, Alterungsbeständigkeit) ab. Vor allem für metallische, in manchen Fällen aber auch für nichtmetallische Oberflächen, ergibt eine mechanische Vorbehandlung wie das Anschleifen oder Sandstrahlen eine Verbesserung der Haftung. Glasoberflächen werden am besten mit wässriger Ultraschallreinigung bei erhöhter Temperatur gereinigt. Metallische Oberflächen



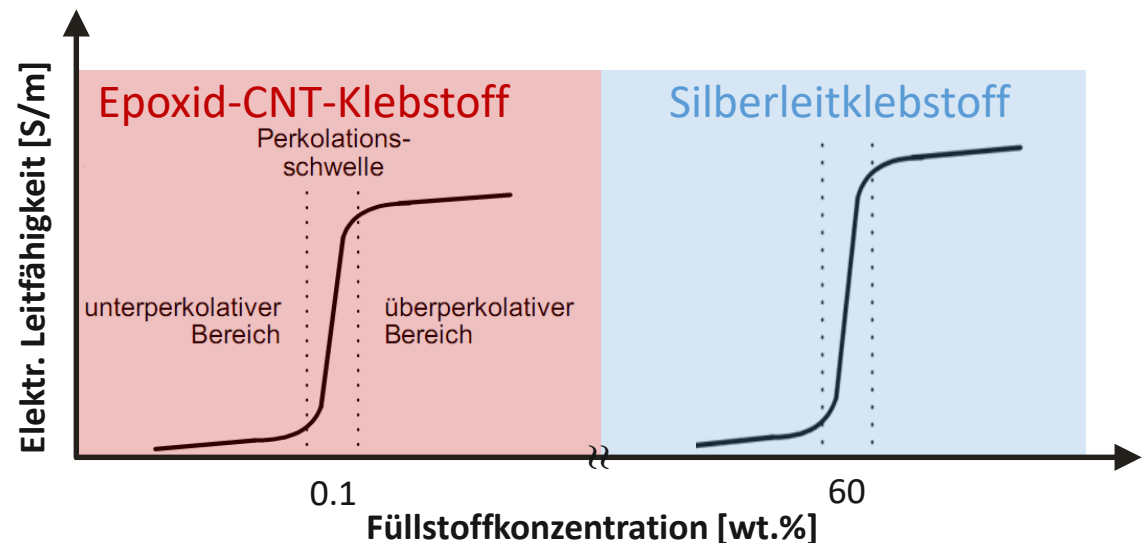
# Elektrisch leitender Klebstoff

- Herausforderung: Elektrisch leitende Klebstoffe basieren meist auf Metall-Füllstoffen & hohem Füllgrad
- Elektrische Leitfähigkeit hat Perkolationschwelle
- Lösungsansatz: Einsatz von funktionalisierten Kohlenstoff-Nanoröhrchen (CNT)
  - Hohe elektrische Leitfähigkeit
  - Grosses Aspektverhältnis ergibt Leitpfade bei tiefem Füllgrad



Kohlenstoff-Nanoröhrchen,  
TEM-Aufnahme

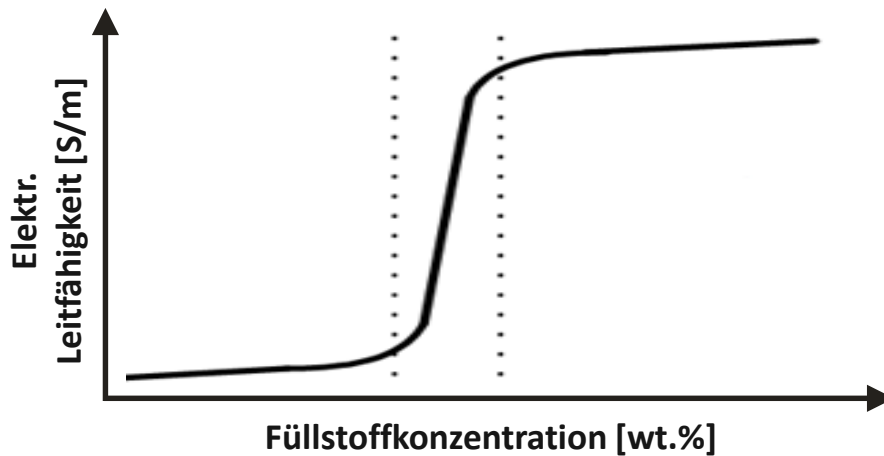
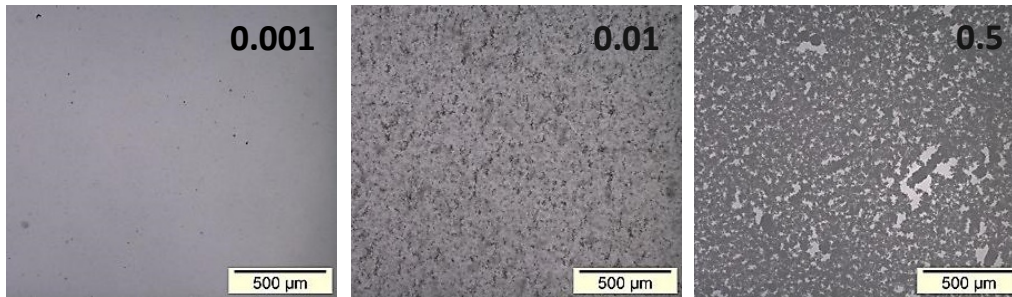
- Reduzierter Füllgrad,  
tiefere Materialkosten
- Erhalt/Verbesserung  
mechan. Eigenschaften



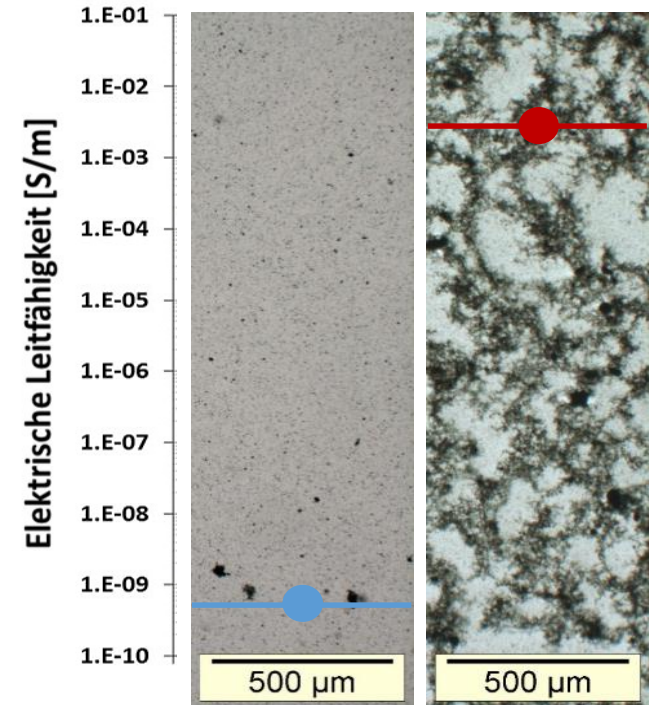
# Elektrisch leitender Klebstoff

- Ausbildung eines makroskopischen CNT-Netzwerks in Abhängigkeit von ...

## ... Füllgrad



## ... Funktionalisierung

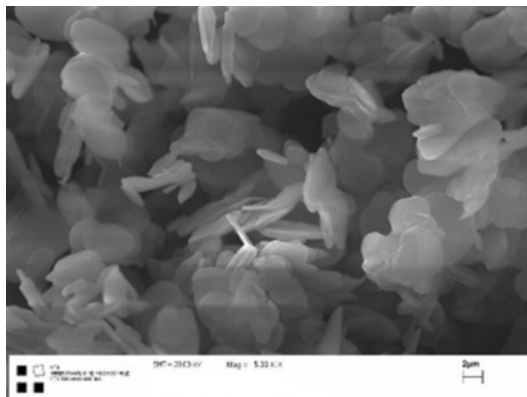


CNT-Konzentration: 0.5 wt%

# Thermisch leitender Klebstoff



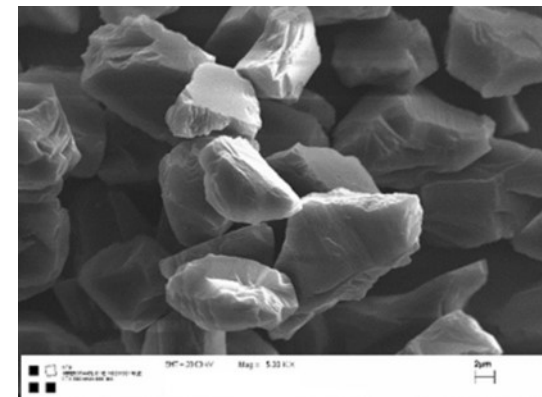
- Bachelor-Arbeit an der NTB für den Industriepartner
  - Thermisch leitende – aber **elektrisch isolierende** – Vergussmasse
  - Maximale **Viskosität** in nicht ausgehärteten Zustand:  $\leq 40 \text{ Pa}\cdot\text{s}$  (Scherrate  $3 \text{ s}^{-1}$ )
- **Lösungsansatz:** Bimodales System
  - Plättchenförmiger Füllstoff mit hoher Wärmeleitfähigkeit für Leitpfade
  - "Kugelig" Zweitfüllstoff zur Viskositätskontrolle



REM-Aufnahme

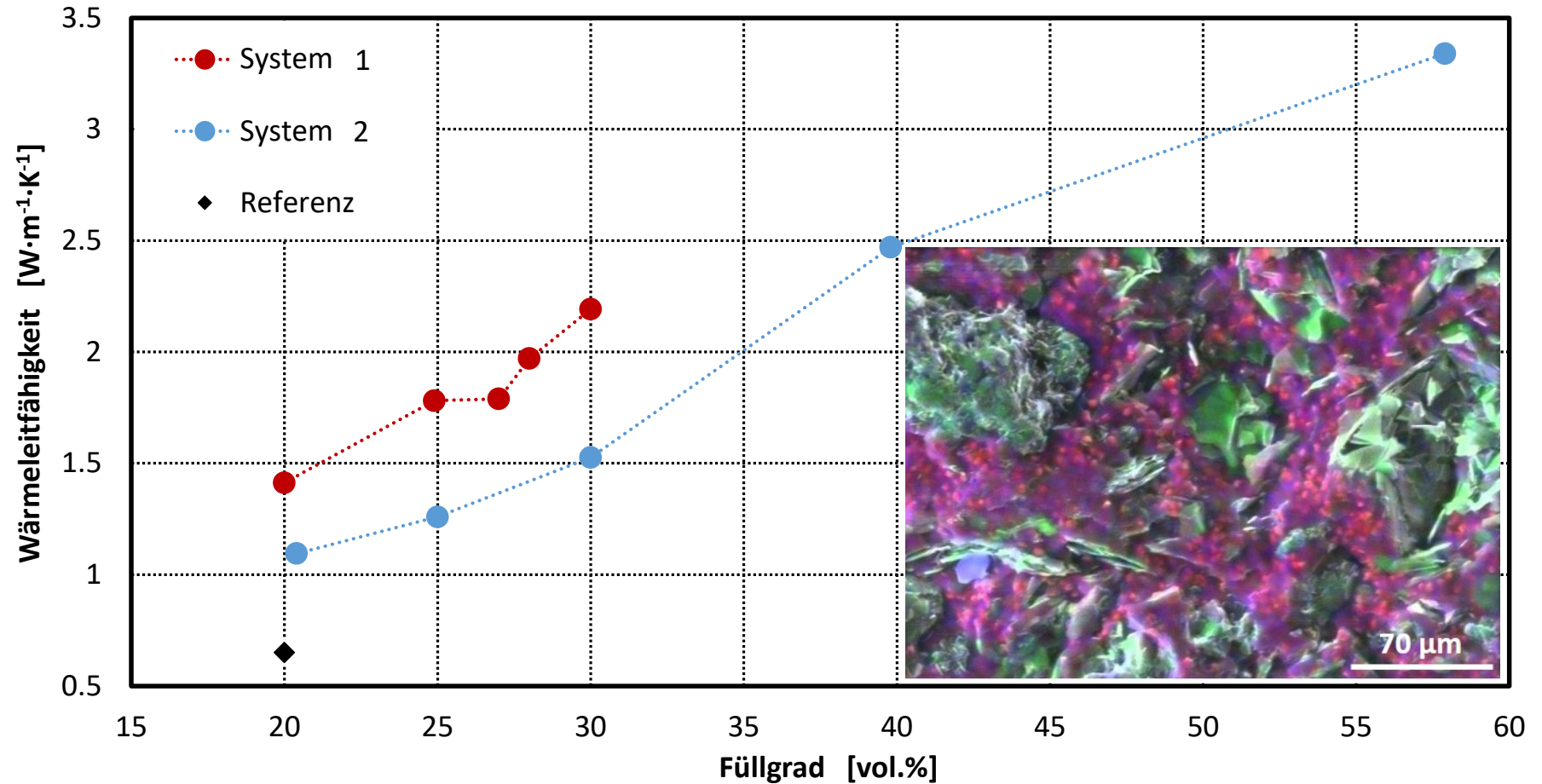
Plättchen mit:

- hoher Kristallinität
- elektrischer Isolation
- guten Kontaktflächen



Ref.: Th. Rupp, Bachelor Arbeit "Thermal Composites", NTB – Bereich Polymerics, 2013

# Thermisch leitender Klebstoff



→ System mit hoher Wärmeleitfähigkeit & elektrischer Isolation bei tiefer Viskosität

