



# Untersuchungen zur Herstellung von LDS-MID auf Duroplastbasis

**MID-Forum im Rahmen der SMT 2014, Nürnberg**

07.05.2014

Benjamin Rudin, M. Sc.

Prof. Dr.-Ing. Dietmar Drummer

Lehrstuhl für Kunststofftechnik  
Universität Erlangen-Nürnberg  
Am Weichselgarten 9  
91058 Erlangen

- Allgemeine Hinweise zur MID-Technologie
- Ausgangssituation und Stand der Technik: LDS-MID
- Motivation und Zielstellung
- Wissenschaftliche Zielstellung
- Verwendete Werkstoffe, Prozesse und Untersuchungsmethoden
- Ergebnisse
- Zusammenfassung



[Forschungsvereinigung Räumliche Elektronische Baugruppen 3-D MID e.V.]

Definition:

MID (Molded Interconnect Developed) sind räumliche spritzgegossene Schaltungsträger

Einsatzgebiete der MID-Technik

- Automobilelektronik
- Telekommunikation
- Medizintechnik
- Industrieapplikationen
- Unterhaltung/Consumerbereich

## Anwendungen

### Automotive

Radarsensor für Abstandskontrolle (unten)



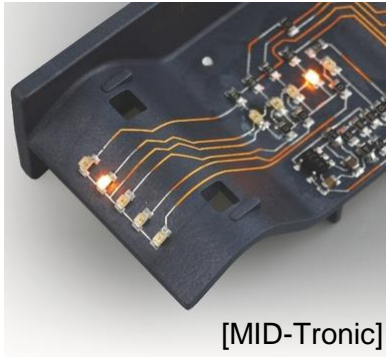
[Harting]

Sitzverstellungsschalter (unten)



[2E Mechatronic]

Neigungssensor (links)



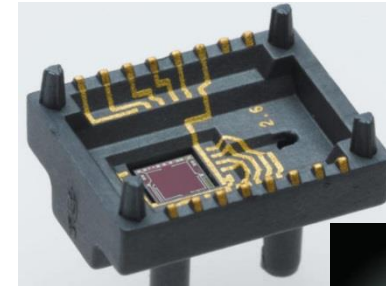
[MID-Tronic]

3D optischer Lichtsensor für Klimaanlage (rechts)



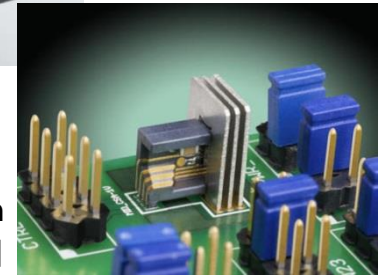
[Harting]

### Industrie



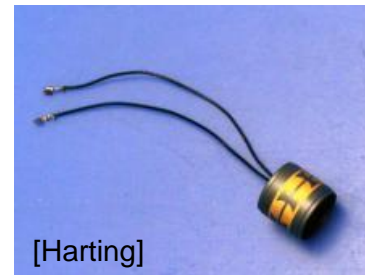
Drucksensor für Industrieapplikationen  
[Harting]

Stromsensor für Industrieapplikationen  
[Harting]

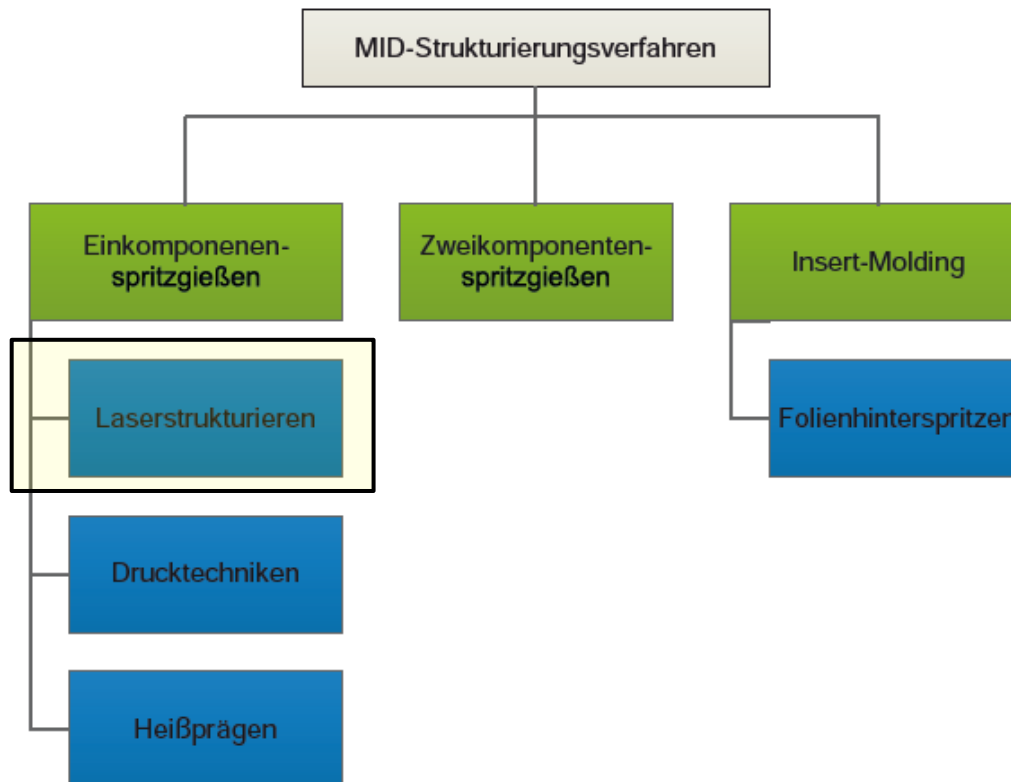
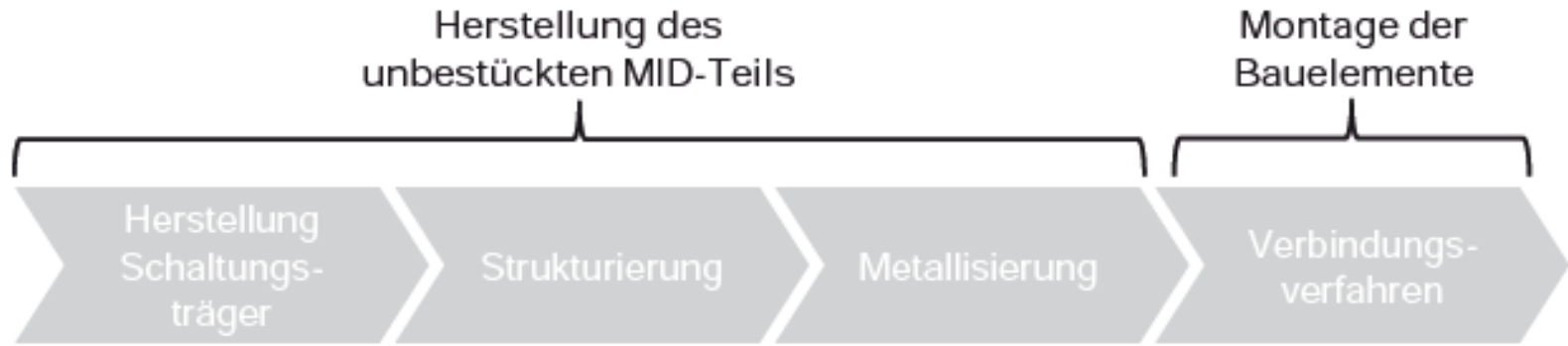


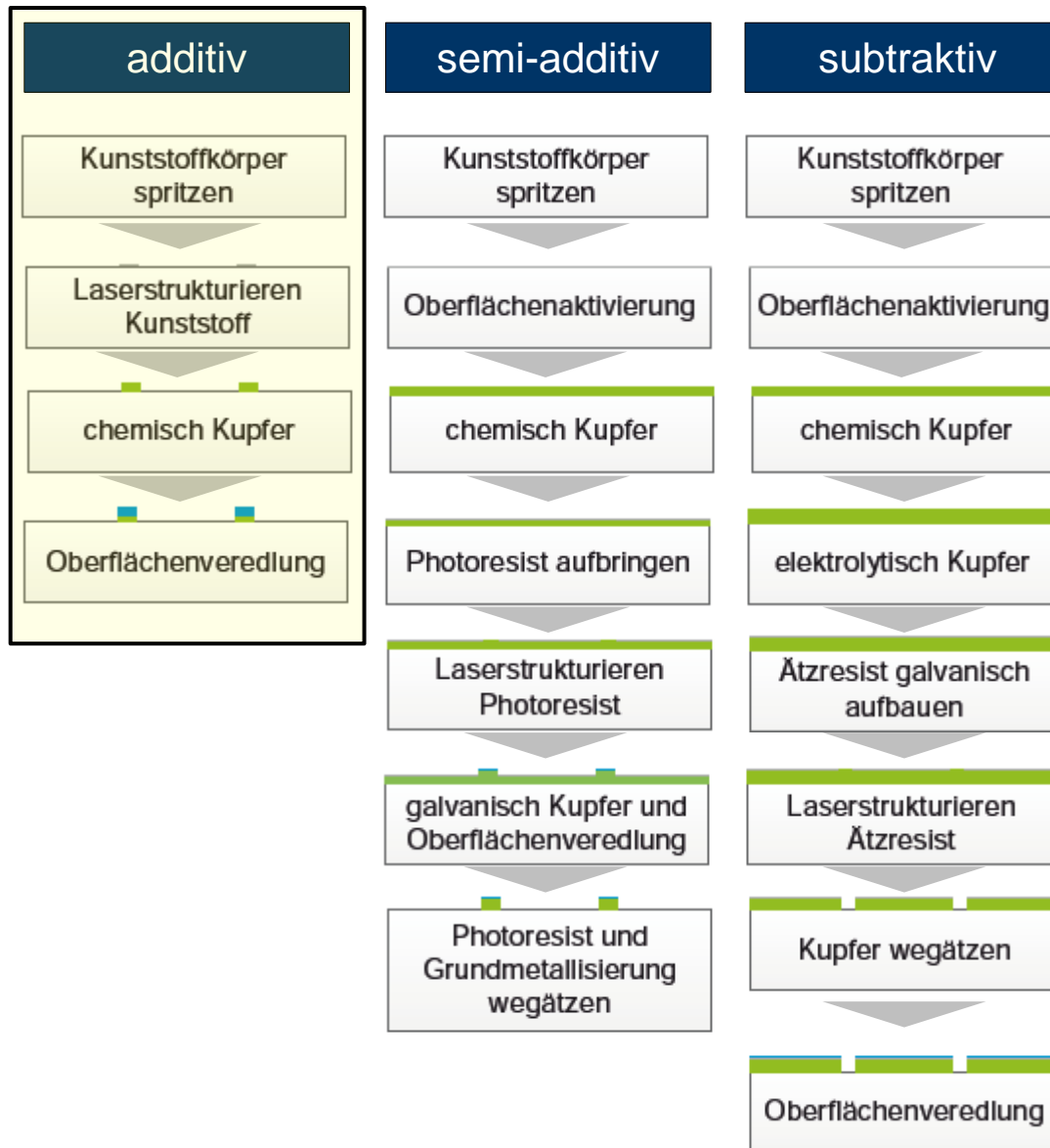
### Medizintechnik

Schaltelement in der Zahnmedizintechnik für KaVo Dental GmbH



[Harting]





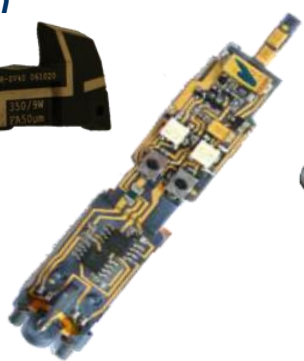
## Stand der Technik: LDS-MID

### Anwendungen

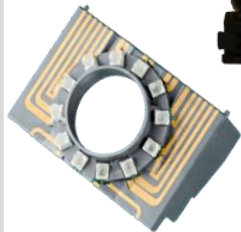
#### Telekommunikation



#### Medizin-technik



#### Industrie Automation



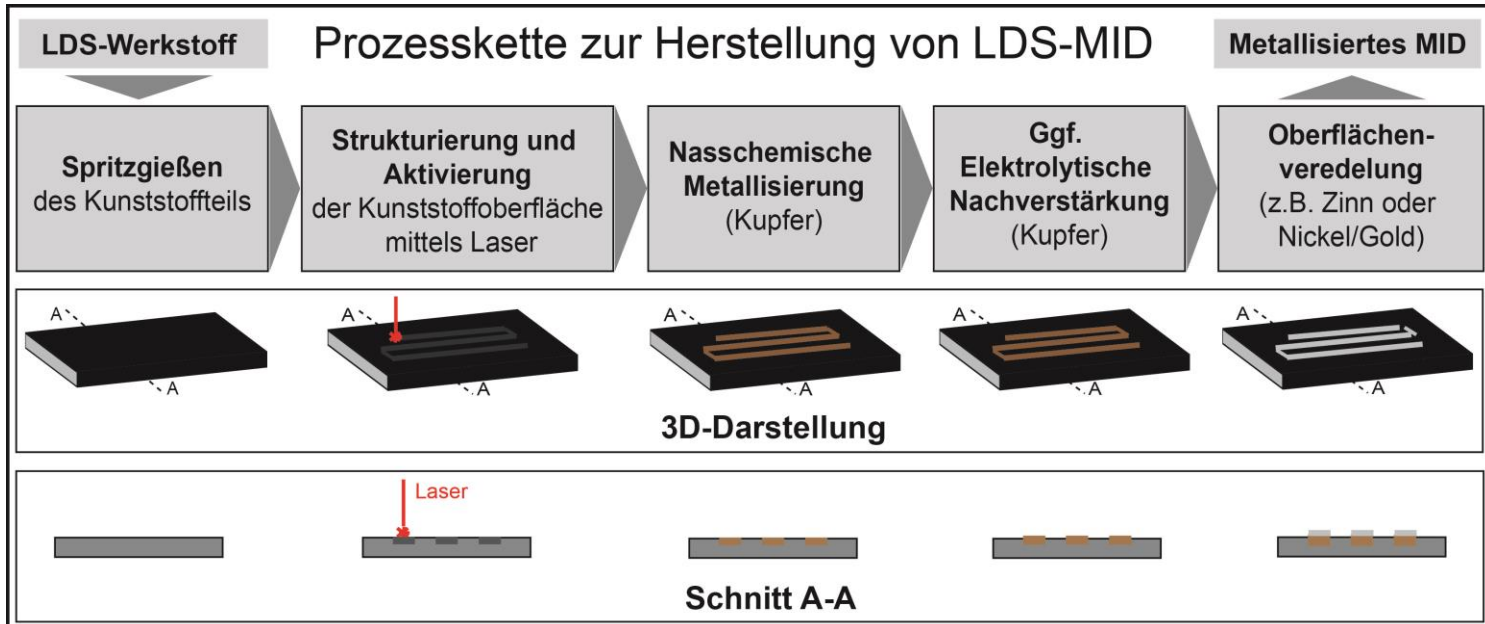
#### Automotive



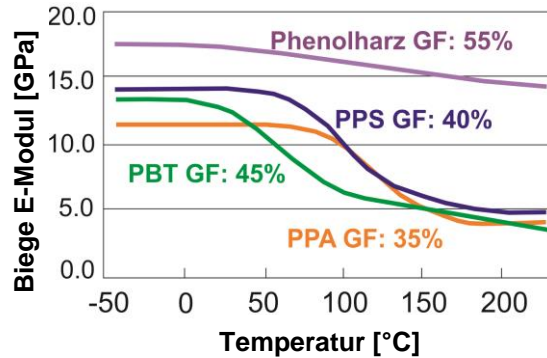
[Quelle: 3D-MID e.V.]

### Thermoplastische Materialien

- LCP
  - Vectra E840i LDS (Ticona)
  - RTP 3499-3 (RTP Company)
- PA 6/6T
  - Ultramid T4381 LDS (BASF)
- PET/PBT
  - Pocan DPT7140 LDS (Lanxess)
- PPA
  - RTP 4099 (RTP Company)



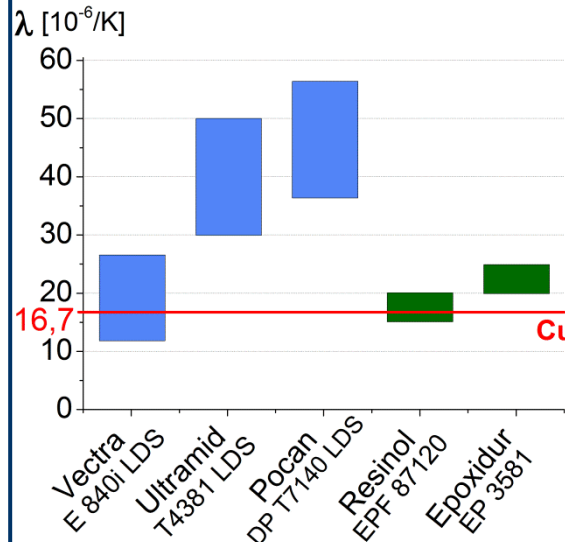
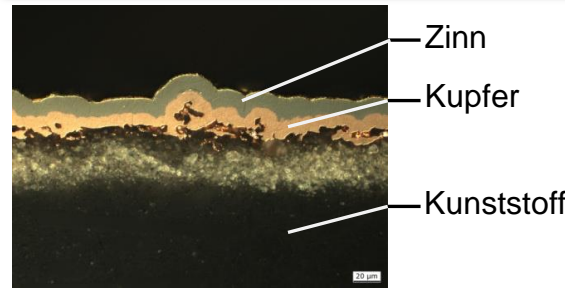
## Mechan. Eigenschaften



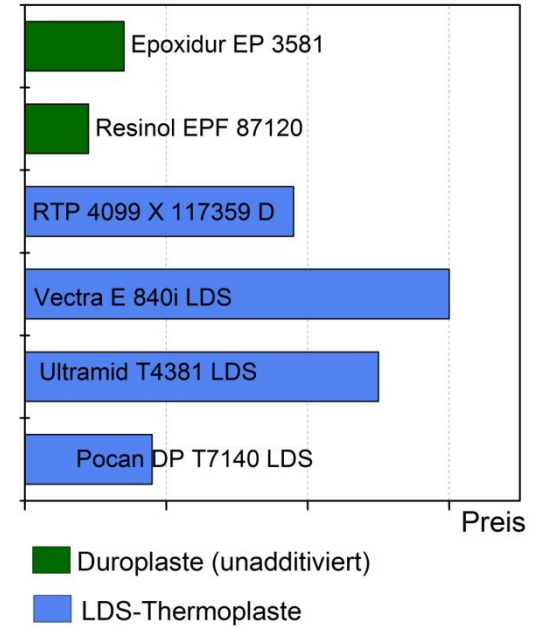
[Quelle: Vyncolit]

- engmaschig vernetzte Struktur
- hohe Dimensionsstabilität
- konstant hohe mechanische Eigenschaften bis in einen hohen Temperaturbereich
- hohe Temperaturbeständigkeit
- Lötbeständigkeit (bleifreie Lote)

## Längenausdehnung



## Wirtschaftlichkeit



- z.T. eingeschränkte Verfügbarkeit bestimmter LDS-Werkstoffe (→ Abhängigkeit)

→ Neue LDS-Materialien auf Duroplastbasis für 3D-MID

## Duroplastische Harzmaterialien für die Aufbereitung zu Formmassen

### Reaktionsharze

#### Polyaddition

- Epoxidharz
- Geringe Viskosität

#### Polymerisation

- Ungesättigtes Polyesterharz (UP)
- Geringe Schwindung
- Diallylphthalatharz (DAP)

### Kondensationsharze

#### Polykondensation

- Phenolformaldehyd (PF)
- Wärmeformbeständigkeit
- Melaminformaldehyd (MF)
- hell einfärbbar
- Harnstoffformaldehyd (UF)
- hell einfärbbar

→ Die Eigenschaften der Formmasse werden erheblich durch die Zusatzstoffe beeinflusst

## Herkömmlich verwendete Zusatzstoffe zur Aufbereitung von Formmassen

### Füllstoff-/Verstärkungsstoff

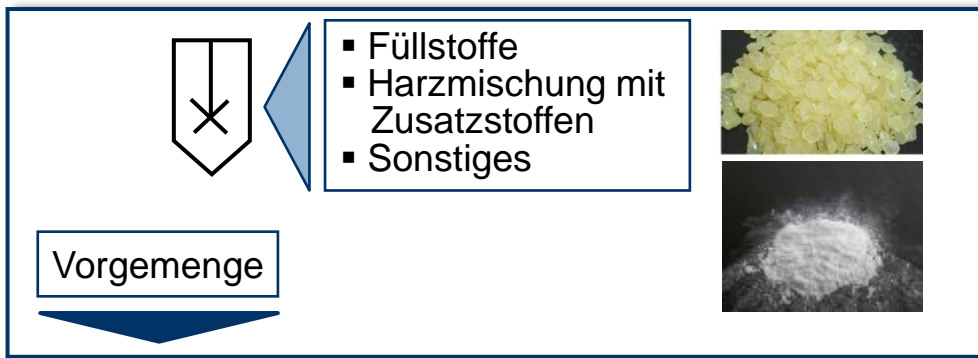
- |             |             |
|-------------|-------------|
| ▪ Holz      | ▪ Zellulose |
| ▪ Talkum    | ▪ Glimmer   |
| ▪ Glas      | ▪ Quarz     |
| ▪ Baumwolle | ▪ Mineral   |
| ▪ Zellulose | ▪ etc.      |

### Füll-/Verstärkungsstoffform

- Kugeln/Perlen
- Schnitzel/Späne
- Fasern
- Mahlgut
- Schuppen/Flocken

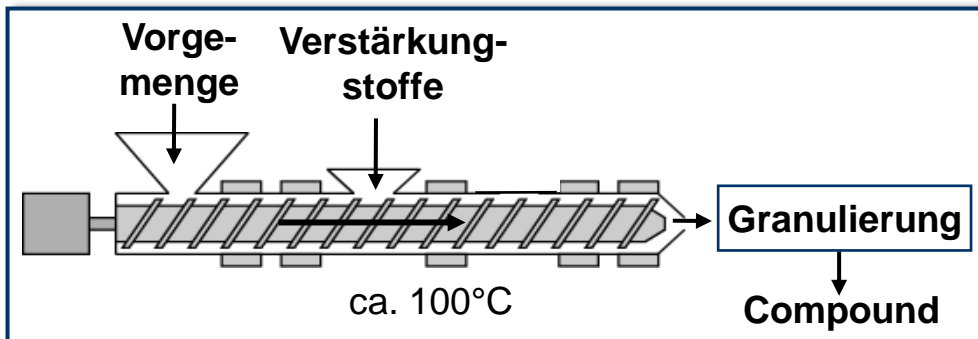
### Sonstige Zusatzstoffe

- Gleit-/Trennmittel
- Antistatika
- Brandschutzmittel
- Farbpigmente
- etc.



## Materialauswahl und Rezeptur

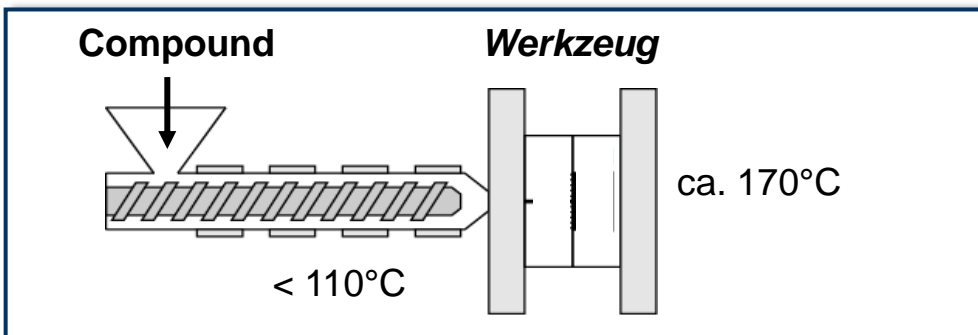
- Mischung eines Vorgemenges aus Füllstoffen, Trenn-/Gleitmittel, Härter und sonstigen Zusatzstoffen (LDS-Additiv)
- Harzgranulat



## Formmassenherstellung

wichtige Verfahrensparameter

- Zylindertemperatur
- Drehzahl
- Verweilzeit



## Verarbeitung

- Spritzgießen
  - beheiztes Werkzeug
  - flüssigkeitstemp. Zylinder

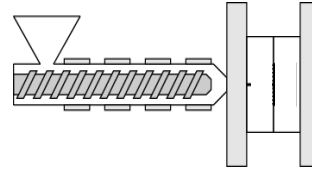
## Wissenschaftliche Fragestellungen

### Material



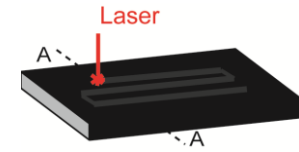
- geeignete Duroplastformmassen für LDS-Prozess  
→ Einfluss der Füllstoffe

### Bauteilherstellung



- Einfluss des Spritzgießprozess  
(Füllstoffausrichtung)

### Strukturierung/Metallisierung



- Einflüsse auf die Metallisierfähigkeit  
(Metallisierindex)

## Forschungsziel

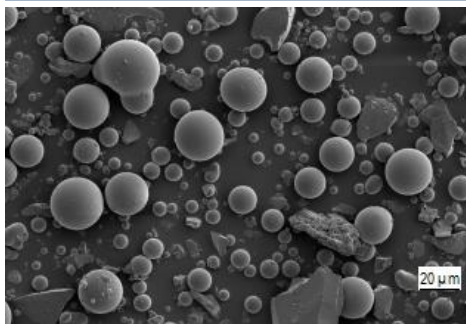
### Untersuchung wesentlicher Einflussgrößen bei der Verarbeitung von LDS-Werkstoffen auf Duroplastbasis

- mechanische Eigenschaften
- thermomechanische Eigenschaften (Längenausdehnung)
- Metallisierbarkeiten von Duroplastwerkstoffen
- Strukturausprägungen beim Spritzgießen der LDS-Formmassen

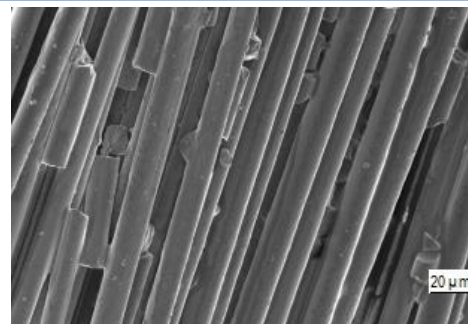
## Compoundrezepturen

	1	2	3	4	5	6	7
	Vol.-%	Vol.-%	Vol.-%	Vol.-%	Vol.-%	Vol.-%	Vol.-%
Epoxidharz	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00
Glasperlen	38,00	15,00					
Glasfaser	7,00	30,00					
LDS Additiv	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Talkum	8,50	8,50	26,75	8,50	8,50	17,00	17,00
Wollastonit			26,75		45,00	36,50	
Aluminiumoxid				45,00			36,50

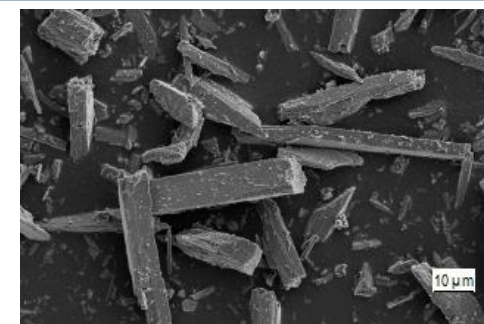
## Verwendete Füllstoffe



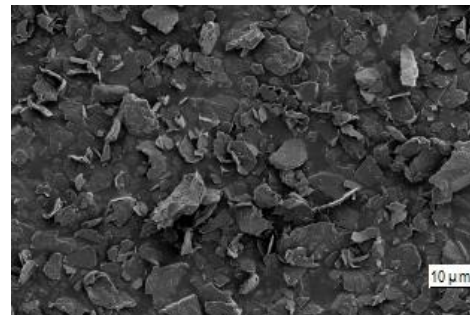
Glaskugeln



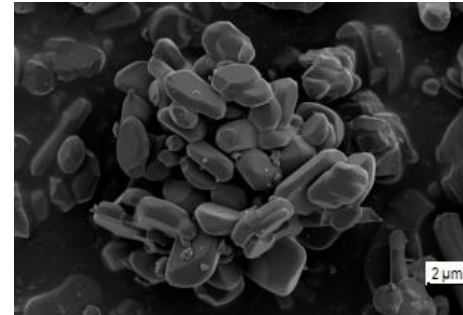
Glasfasern



Wollastonit



Talkum

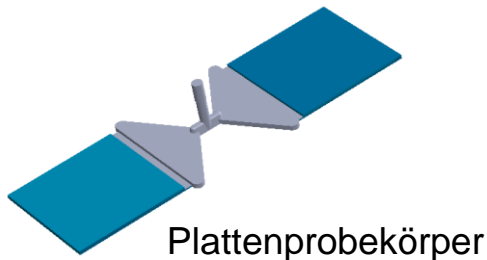
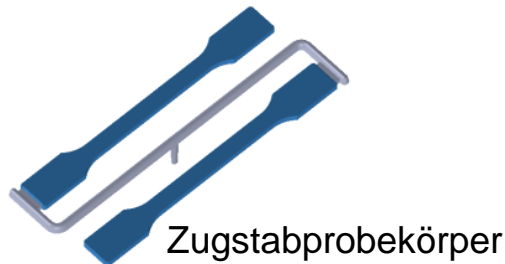


Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

## Compoundrezepturen

	1	2	3	4	5	6	7
	Vol.-%	Vol.-%	Vol.-%	Vol.-%	Vol.-%	Vol.-%	Vol.-%
Epoxidharz	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00
Glasperlen	38,00	15,00					
Glasfaser	7,00	30,00					
LDS Additiv	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Talkum	8,50	8,50	26,75	8,50	8,50	17,00	17,00
Wollastonit			26,75		45,00	36,50	
Aluminiumoxid				45,00			36,50

### Probekörperherstellung (Spritzgießen)



### Charakterisierung (mechanisch/thermisch)

Mechanische  
Eigenschaften:  
3-Punktbiegeversuch

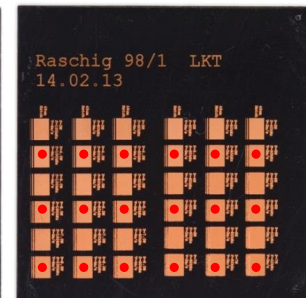
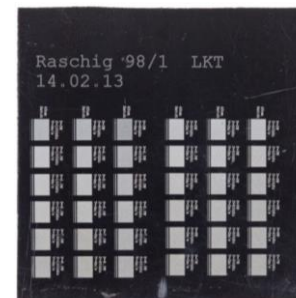
Thermische  
Eigenschaften:  
Längenausdehnung

Mikroskopische  
Analyse

### Strukturierung und Metallisierung

Strukturierung

Metallisierung

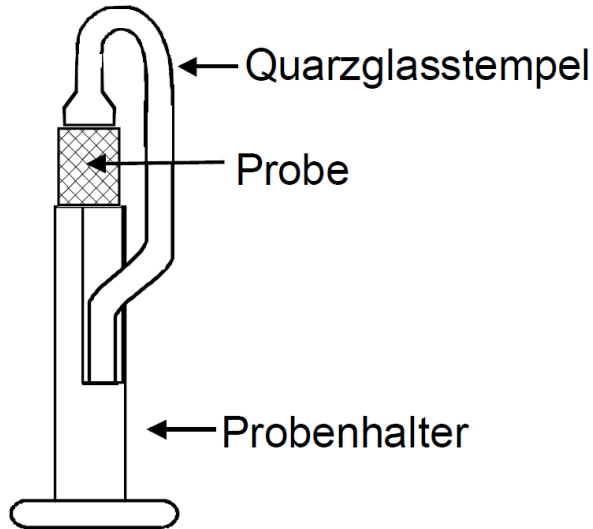


• Messpunkte

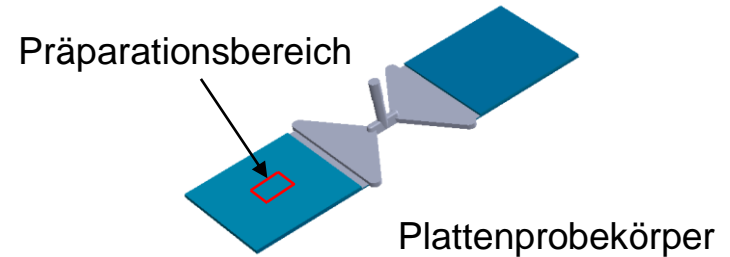
Chemisches Kupferbad (MacDermid)

$$\text{Metallisierindex} = \frac{\text{Schichtdicke (Probe)}}{\text{Schichtdicke (Referenz)}} \quad (\text{Referenz: Pocan 7102})$$

## Schematischer Messaufbau



## Probekörper

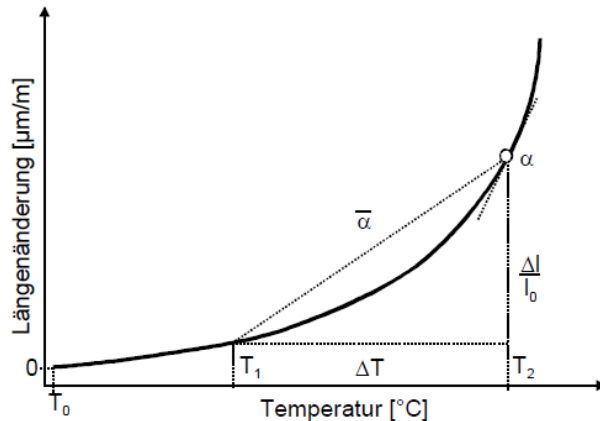


Probengröße:

$L = 7 \text{ mm}$

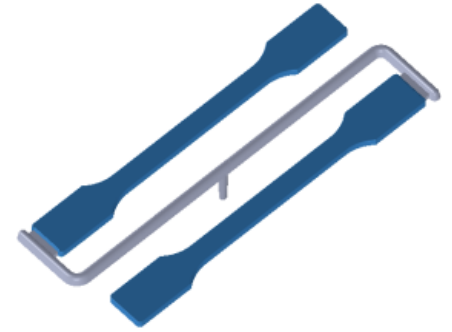
$B = 4 \text{ mm}$

$T = 2 \text{ mm}$

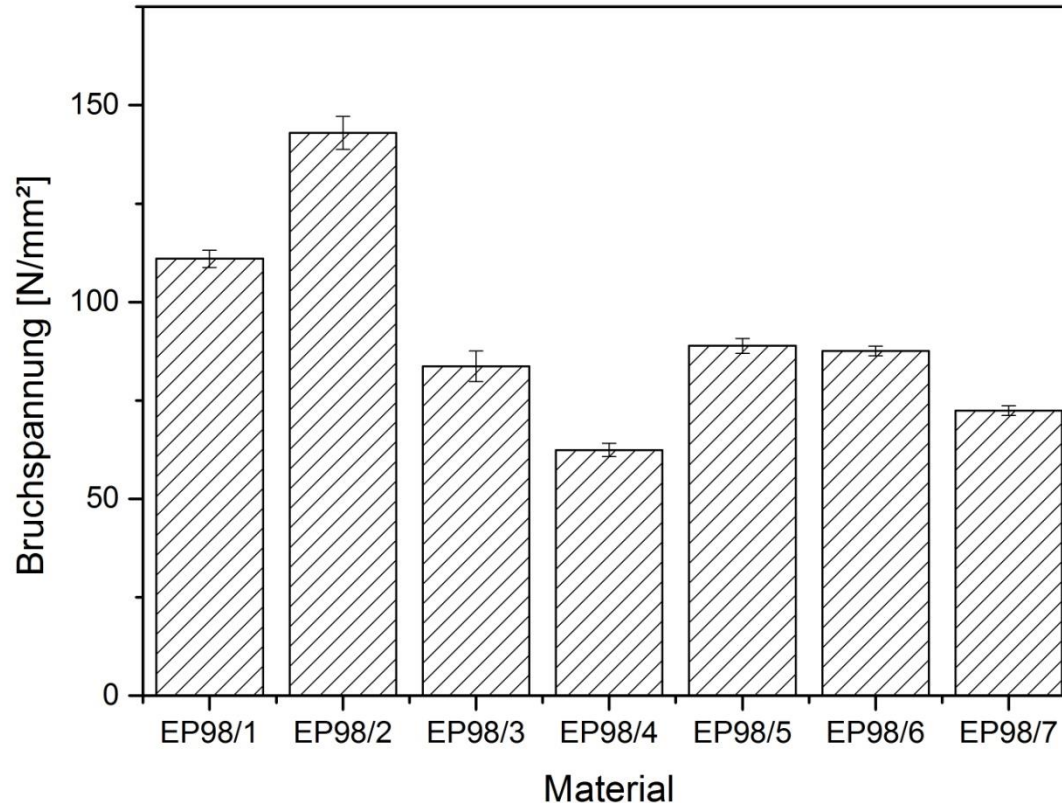


### Auswertung:

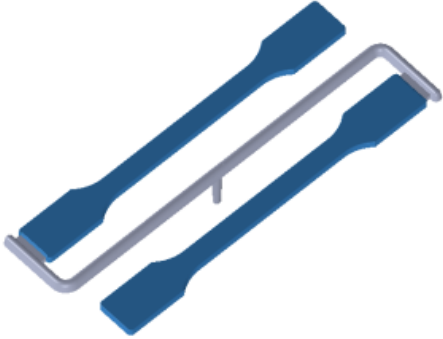
- Mittlerer thermischer Längenausdehnungskoeffizient
- Auswertungstemperaturbereich ( $T_1 = 0$  und  $T_2 = 40^{\circ}\text{C}$ )



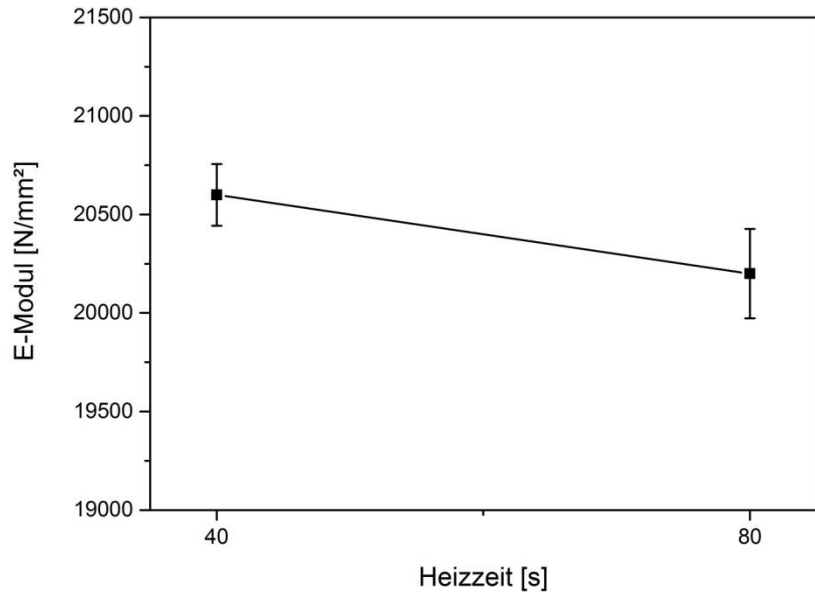
	1	2	3	4	5	6	7
	Vol.-%	Vol.-%	Vol.-%	Vol.-%	Vol.-%	Vol.-%	Vol.-%
Epoxidharz	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00
Glasperlen	38,00	15,00					
Glasfaser	7,00	30,00					
LDS Additiv	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Talkum	8,50	8,50	26,75	8,50	8,50	17,00	17,00
Wollastonit			26,75		45,00	36,50	
Aluminiumoxid				45,00			36,50



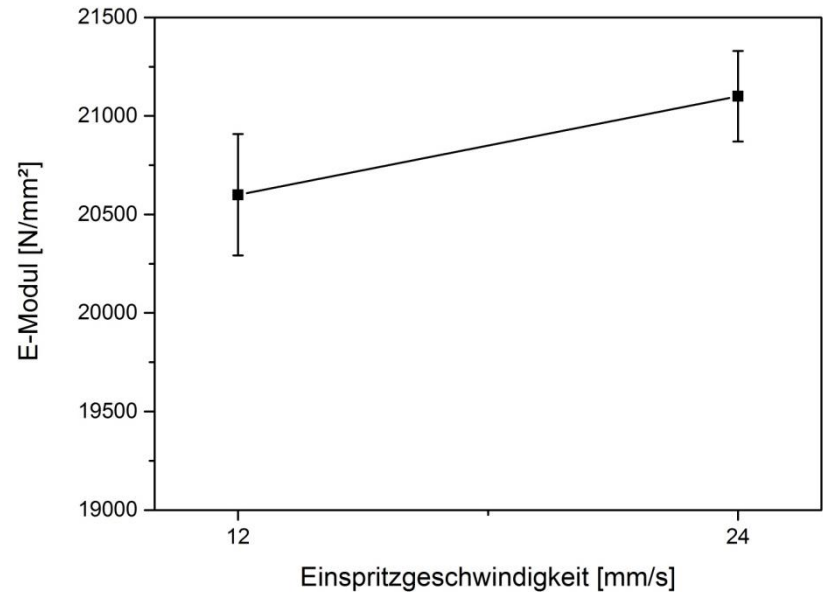
Parameter	
Material:	EP 3582
Nachdruck:	300 bar
Nachdruckzeit:	25 s
WZG-Temperatur:	175 °C
Zylindertemperierung:	Zone 1: 60°C
	Zone 2: 80°C

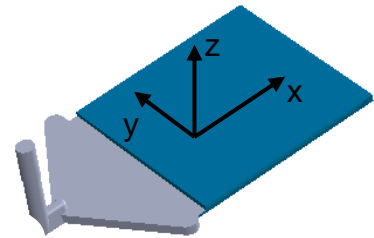


Einfluss der Heizzeit  
(Einspritzgeschwind.: 16 mm/s)

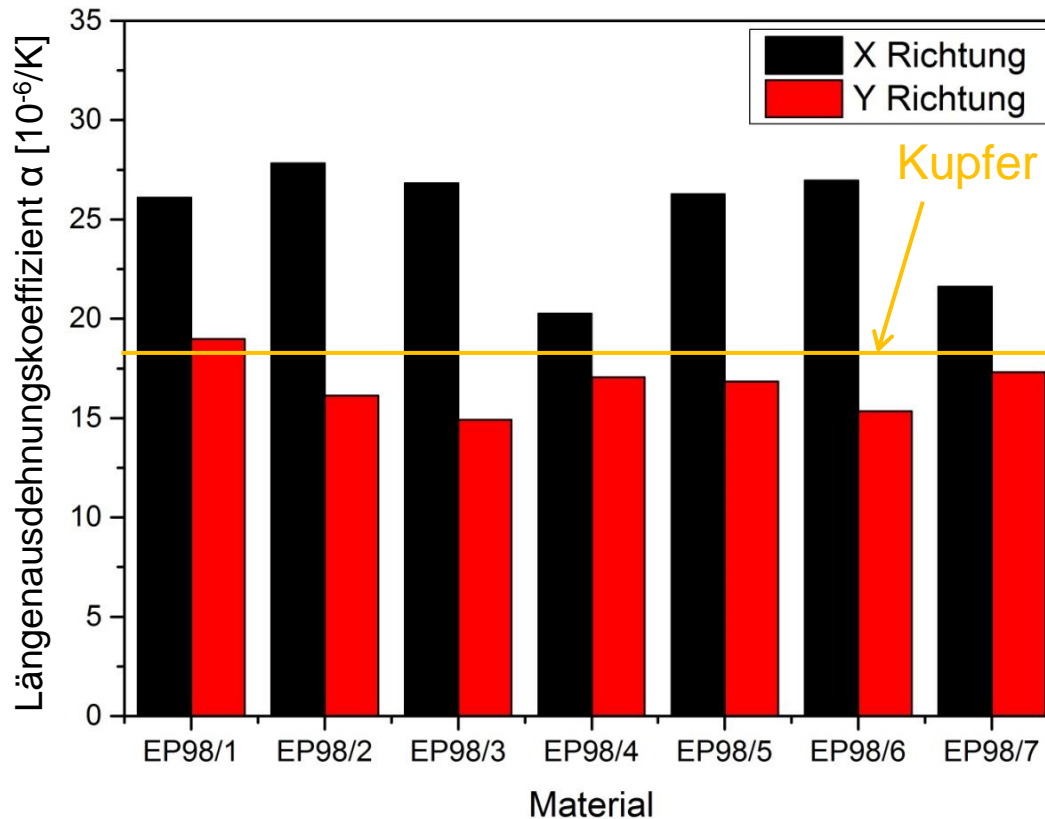


Einfluss der Einspritzgeschwindigkeit  
(Heizzeit: 40 s)



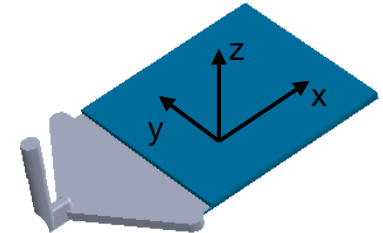


	1	2	3	4	5	6	7
	Vol.-%	Vol.-%	Vol.-%	Vol.-%	Vol.-%	Vol.-%	Vol.-%
Epoxidharz	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00
Glasperlen	38,00	15,00					
Glasfaser	7,00	30,00					
LDS Additiv	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Talkum	8,50	8,50	26,75	8,50	8,50	17,00	17,00
Wollastonit			26,75		45,00	36,50	
Aluminiumoxid				45,00			36,50



- Längenausdehnung ist richtungsabhängig
- x-Richtung weist höhere Längenausdehnung auf
- Längenausdehnungen liegen im Bereich von Kupfer

	EP 98/1	EP98/2
	Vol.-%	Vol.-%
Epoxidharz	45,00	45,00
Glasperlen	38,00	15,00
Glasfaser	7,00	30,00
LDS Additiv	1,50	1,50
Talkum	8,50	8,50

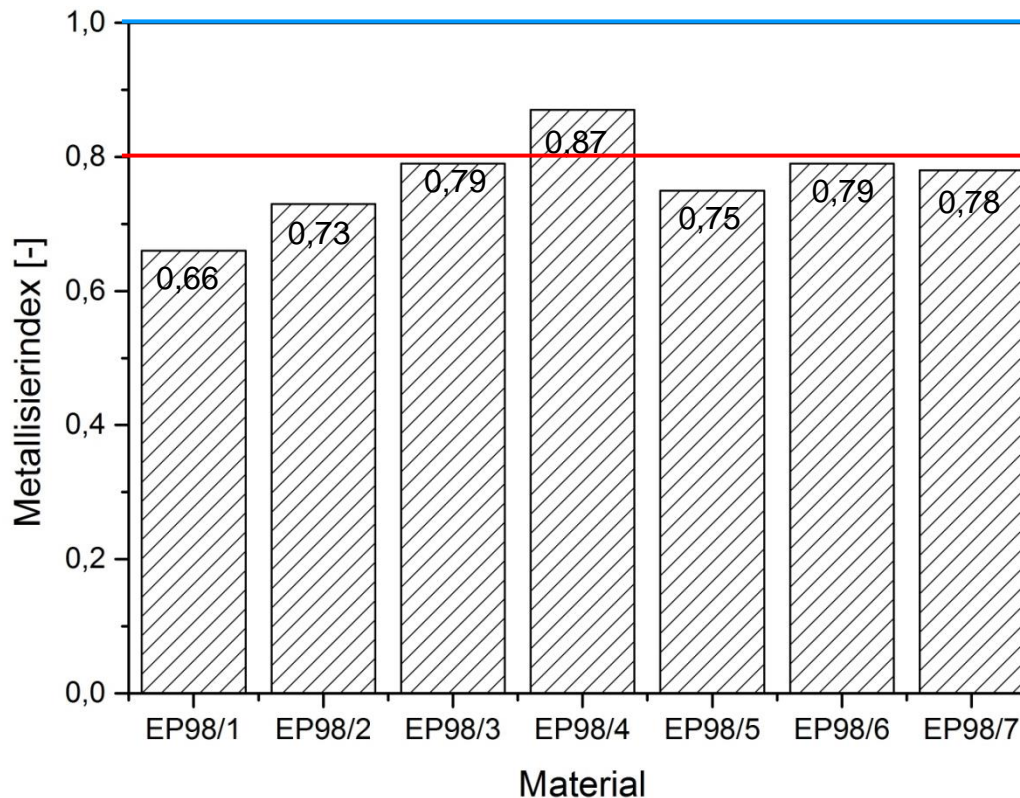


	EP 98/1	EP 98/2
<p><b>Blick auf die x-z-Ebene</b></p> <p>Fasern richten sich in der Randschicht (200µm) in Fließrichtung aus</p> <p>EP 98/1: <math>\alpha_x = 19,0 \cdot 10^{-6} /K</math></p> <p>EP 98/2: <math>\alpha_x = 16,1 \cdot 10^{-6} /K</math></p>		
<p><b>Blick auf die y-z-Ebene</b></p> <p>Fasern richten sich in einer mittleren Schicht quer zur Fließrichtung aus</p> <p>EP 98/1: <math>\alpha_y = 26,1 \cdot 10^{-6} /K</math></p> <p>EP 98/2: <math>\alpha_y = 27,8 \cdot 10^{-6} /K</math></p>		

# Einfluss der Füllstoffe auf die Metallisierungsfähigkeit

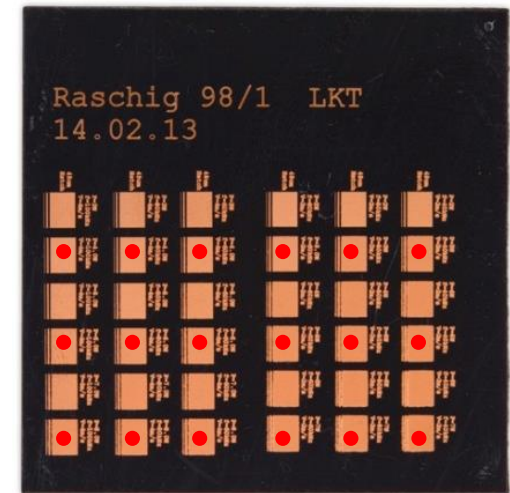
	1	2	3	4	5	6	7
	Vol.-%	Vol.-%	Vol.-%	Vol.-%	Vol.-%	Vol.-%	Vol.-%
Epoxidharz	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00
Glasperlen	38,00	15,00					
Glasfaser	7,00	30,00					
LDS Additiv	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Talkum	8,50	8,50	26,75	8,50	8,50	17,00	17,00
Wollastonit			26,75		45,00	36,50	
Aluminiumoxid				45,00			36,50

→ Die Füllstoffgröße und Füllstoffart haben scheinbar einen Einfluss auf den Metallisierindex



Referenz: Pocan 7102

Zielvorgabe von LPKF für eine gutes Anspringverhalten der Metallisierung



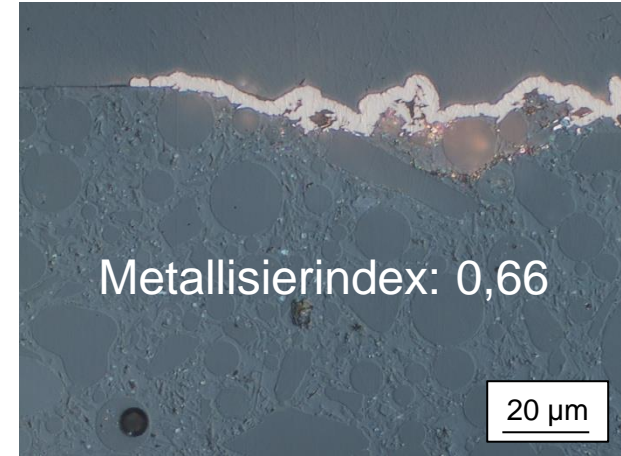
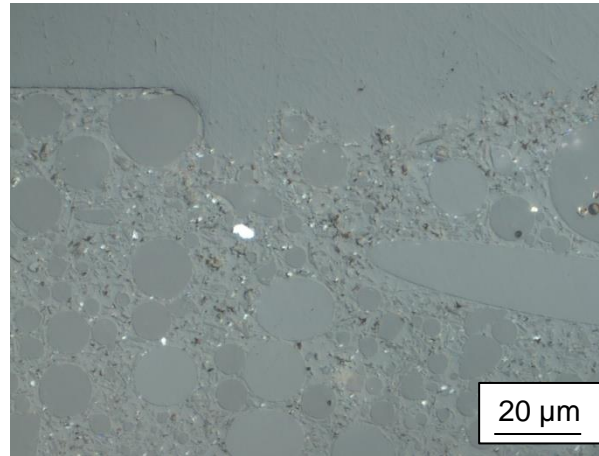
● Messpunkte

**laserstrukturiert**  
( $P = 6W$ ,  $f = 60kHz$ ,  $v = 4m/s$ )

**metallisiert**  
(Stromloses, chem. Kupferbad „MacDermid“)

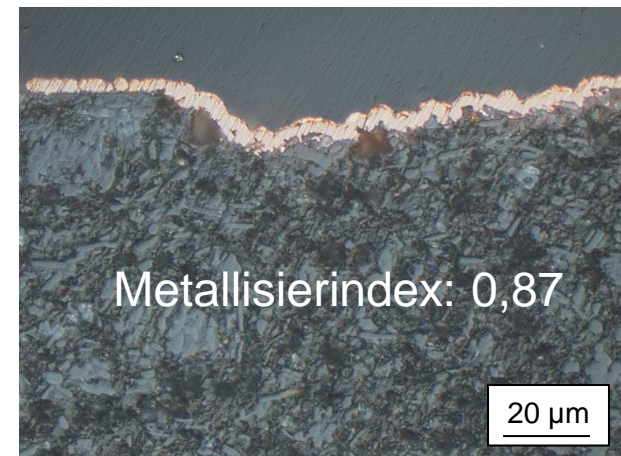
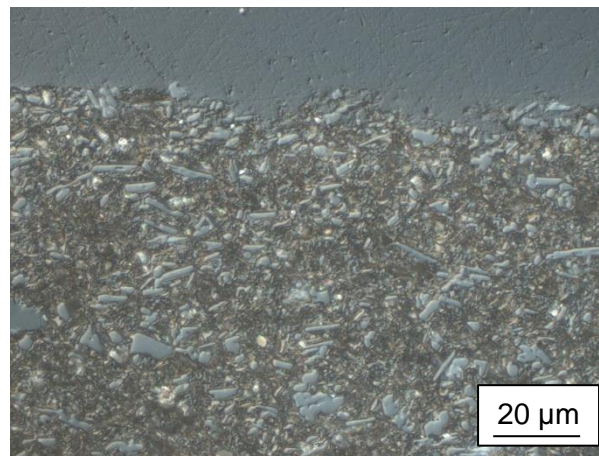
## Material EP 98/1

	Vol.-%
Epoxidharz	45,00
Glasperlen	38,00
Glasfaser	7,00
LDS Additiv	1,50
Talkum	8,50



## Material EP 98/4

	Vol.-%
Epoxidharz	45,00
Aluminiumoxid	45,00
LDS Additiv	1,50
Talkum	8,50



- Spritzgegossene Duroplaste mit einem LDS-Additivanteil von ca. 1,5 Vol.-% können metallisiert werden
- Der Füllstoff hat großen Einfluss auf die Metallisierbarkeit
- Der Füllstoff und die Prozessparameter haben Einfluss auf die mechanischen Eigenschaften dieser Werkstoffe
- Der Füllstoff hat wesentlichen Einfluss auf die resultierende Längenausdehnung
  - Bei dem gewählten Füllstoffgehalt von 55 Vol.-% liegen die Längenausdehnungskoeffizienten im Bereich von Kupfer
  - Aufgrund der Ausrichtung der Füllstoffe ist die Längenausdehnung in x-Richtung größer als in y-Richtung

Der LKT dankt der Forschungsvereinigung Räumliche Elektronische Baugruppen 3-D MID e.V. für die finanzielle Unterstützung sowie den beteiligten Projektpartnern für die Unterstützung des Projekts.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

---