



**Institut für Werkstofftechnik**  
Kunststofftechnik  
Prof. Dr.-Ing. Hans-Peter Heim

**U N I K A S S E L**  
**V E R S I T Ä T**

---

## Potentiale und Anwendungen flammgeschützter, cellulosefaserverstärkter PTT und PBT Compounds in Elektro- und Elektronikanwendungen

### Naro.tech 2018


**N. Gemmeke, H.-P. Heim**

**Rudolstadt, 22.11.2018**



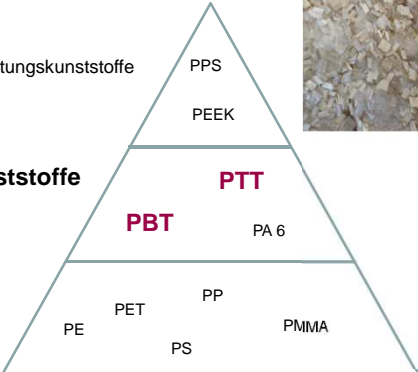


Bundesministerium  
für Ernährung  
und Landwirtschaft




## Motivation


---




The pyramid is divided into three horizontal layers:

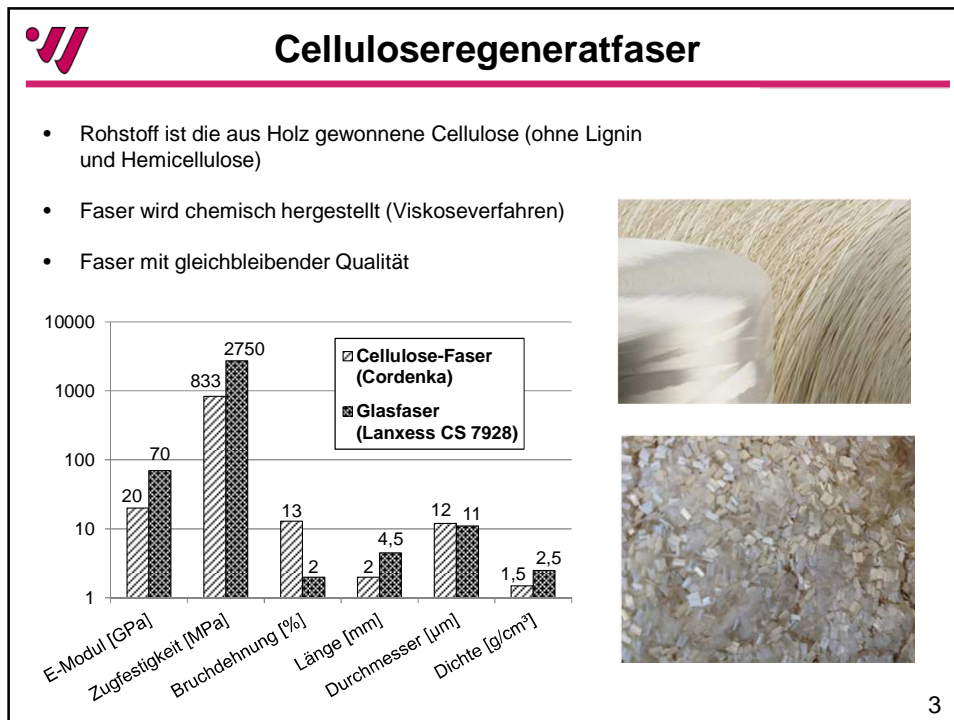
- Top Layer (Hochleistungskunststoffe):** PPS, PEEK
- Middle Layer (Technische Kunststoffe):** PBT, PTT, PA 6
- Bottom Layer (Standardkunststoffe):** PE, PET, PP, PS, PMMA







2



## Forschungsvorhaben

**Forschungsvorhaben im Rahmen eines FNR-Projektes:**  
Herstellung eines Naturfaserverbundwerkstoffes bestehend aus PBT und biobasiertem PTT und Celluloseregeneratfasern

**Gefördert** durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft und die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.





4



## Motivation/Herausforderung

---

- Herstellung von **technischen Kunststoffcompounds** für die E&E Industrie
- **Gewichtsreduktion** durch Cellulosefasern (vgl. Glasfasern) → Leichtbau
- Erhöhung des **Bioanteils** durch Cellulosefasern → 30% - 65% Bioanteil
- Erhöhung der **Schlagzähigkeit** → Bauteilanforderungen (z.B. Crashrelevante Bauteile)
- Erhöhung der **Brandschutzklasse** durch die Wahl geeigneter

### Flammschutzadditive


*Cellulose ist brennbar → Flammschutz  
Verarbeitung von Cellulose bei >>200°C*

5




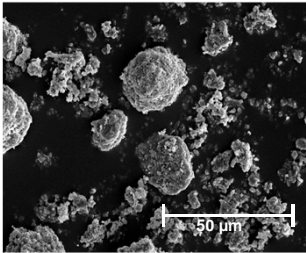
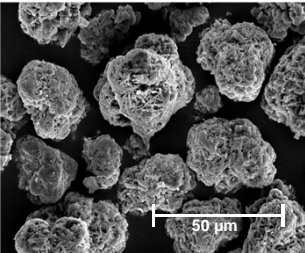
---

## Materialien


|  <b>Matrix und Füllstoff</b> |  |                                       |
|---|--|---------------------------------------|
| <b>Technische Kunststoffe</b>   | <b>PBT (Ultradur B4500, BASF)</b>          | <b>bio-PTT ( Sorona 3301, DuPont)</b> |
| <b>Schmelztemperatur</b>  | 223 °C                                     | 228 °C                                |
| <b>E-Modul</b>  | 2500 MPa                                   | 2400 MPa                              |
| <b>Dichte</b>   | 1,3 g/cm <sup>3</sup>                      | 1,32 g/cm <sup>3</sup>                |
| <b>Monomer</b>  | 1,4 Butandiol                              | 1,3 Propandiol (biobasiert)           |
| <b>Faser</b>  | <b>Celluloseregeneratfasern (Cordenka)</b> |                                       |
| <b>Typ</b>  | CR-Typ                                     |                                       |
| <b>Dichte</b>   | 1,5 g/cm <sup>3</sup>                      |                                       |
| <b>Länge</b>  | Schnittfasern (ca.2-2,5 mm)                |                                       |

7

|  <b>Flammschutzadditive</b> |                              |                                  |
|--|------------------------------|----------------------------------|
| Halogenfreie Flammschutzadditive für gefülltes PBT/bio-PTT:  |                              |                                  |
| <b>Produktname</b>   | <b>Budit 341 (Budenheim)</b> | <b>Exolit OP 1230 (Clariant)</b> |
| <b>Stoffname</b>   | Melaminepolyphosphat (MPP)   | Diethylphosphinsäure (AIPi)      |
| <b>Zersetzungstemperatur</b>   | >325 °C                      | >300 °C                          |
| <b>Schüttdichte</b>  | 0,5 g/cm <sup>3</sup>        | 0,5 g/cm <sup>3</sup>            |
| <b>Partikelgröße</b>   | ca. 8 µm                     | 25-50 µm                         |

8

 **Flammschutzsystem**

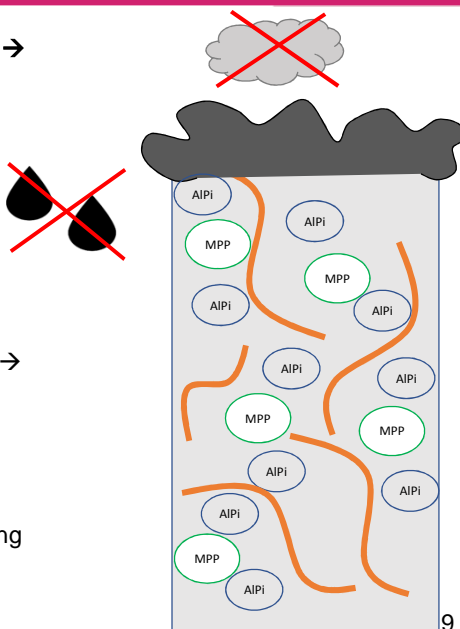
---


**Intumeszierendes Flammschutzsystem →**

- Kohlebildner: Kunststoffmatrix
- Säurespender: AlPi
- Treibmittel: MPP

Synergieeffekte der Flammschutzadditive →

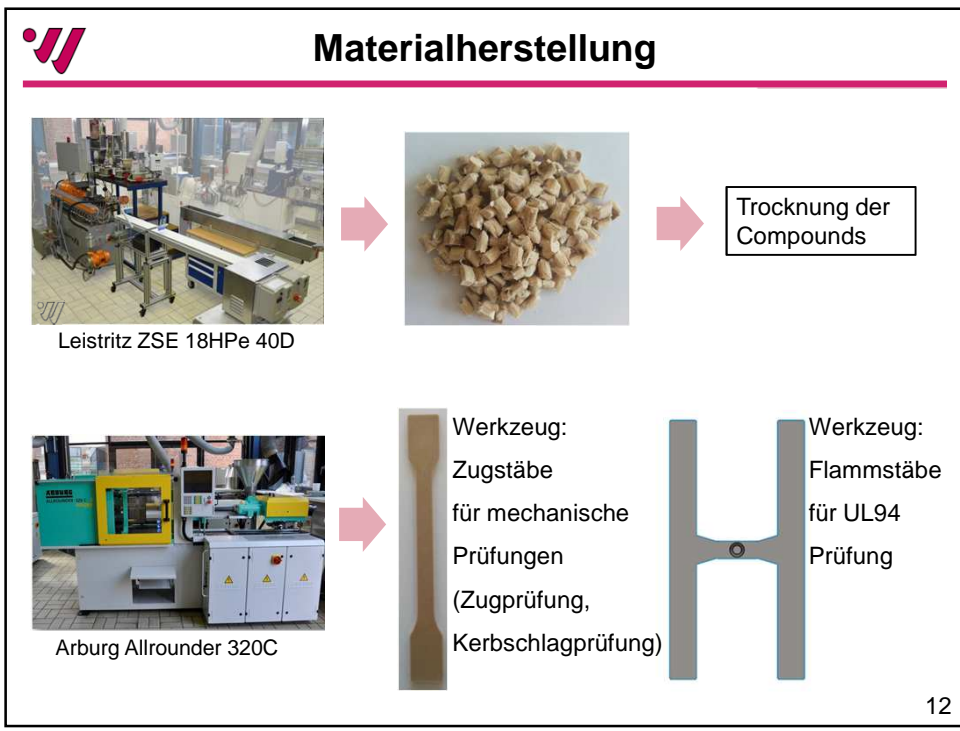
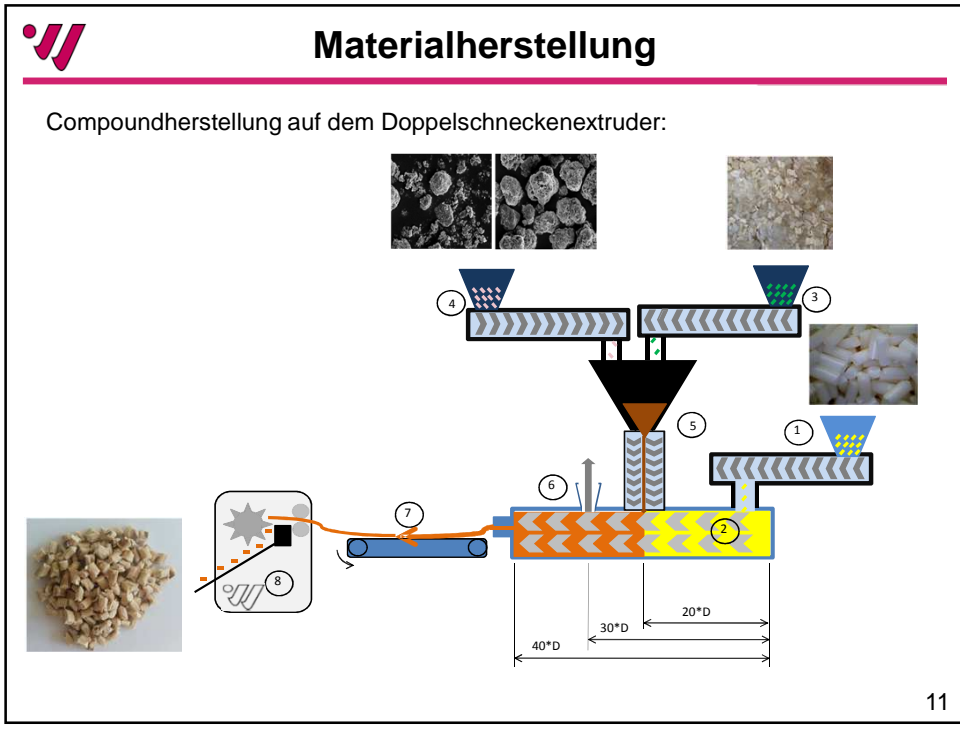
- isolierenden Schutzschicht durch Verkohlung Aufschäumen der Matrix
- Keine Rauchgasentwicklung
- Kein Abtropfen während der Beflammung





---

**Compoundierung**





## Probleme bei der Herstellung

**Schlechte Einarbeitung** der Schnitffasern in die Matrix:

PBT + 30 Gew.% CRF :



Optimierung der Strangoberfläche → bessere Einarbeitung der Fasern in die Matrix

**Ansatz:** Zugabe vom Maleinsäureanhydrid gepropftes PE Wachs (**MAPE**)

PBT + 30 Gew.% CRF + MAPE :



13



## Probleme bei der Herstellung

Zu hohe **Verarbeitungs- bzw. Massetemperaturen:**

→ Verbrennen der Fasern

→ Einsetzen des Synergieeffektes der beiden Flammschutzadditive in der DS



**Ansatz:**

- Schonende Schneckenkonfiguration
- Geringe Verarbeitungstemperaturen
- Einarbeitung des Flammschutzes so spät wie Möglich (Sidefeeder)

14



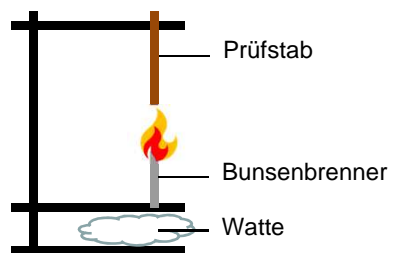
## Charakterisierung der Compounds

- UL94/Zugversuch/ Kerbschlagbiegeversuch/REM/  
Faserlängenvermessung/Wärmeformbeständigkeit




## Prüfmethode UL94

|                                       | V0    | V1     | V2     |
|---------------------------------------|-------|--------|--------|
| Nachbrennzeit jeder Beflammung        | ≤ 10s | ≤ 30s  | ≤ 30s  |
| Gesamtdauer je Satz (10 Beflammungen) | ≤ 50s | ≤ 250s | ≤ 250s |
| Nachbrennzeit nach der 2. Beflammung  | ≤ 30s | ≤ 60s  | ≤ 60s  |
| Vollständige Verbrennung              | nein  | nein   | nein   |
| Entzündung der Watte                  | nein  | nein   | ja     |



16





## Prüfmethode UL94

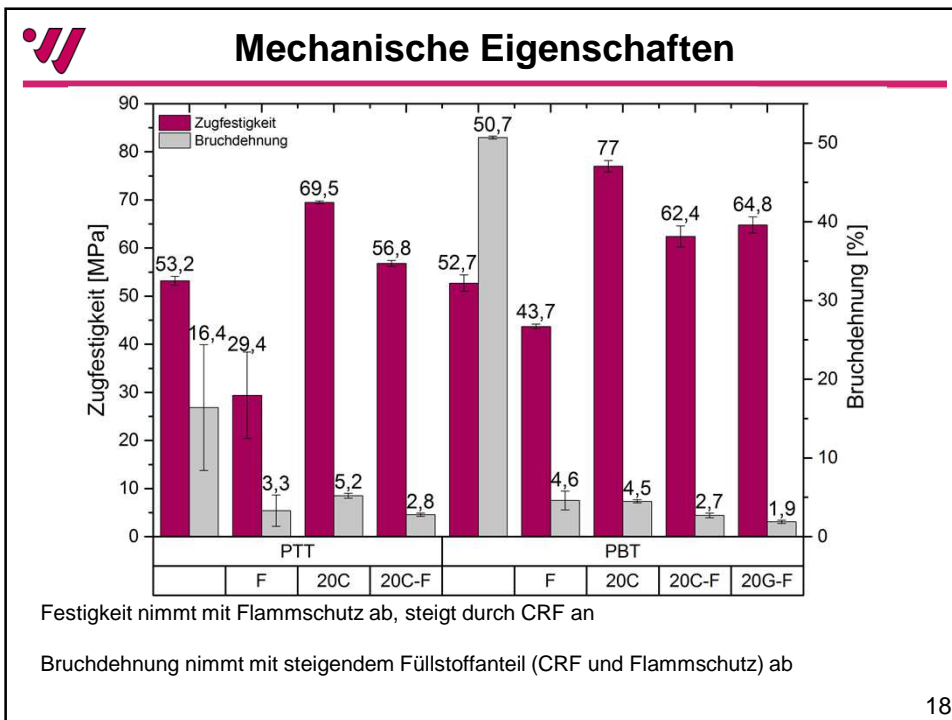
---

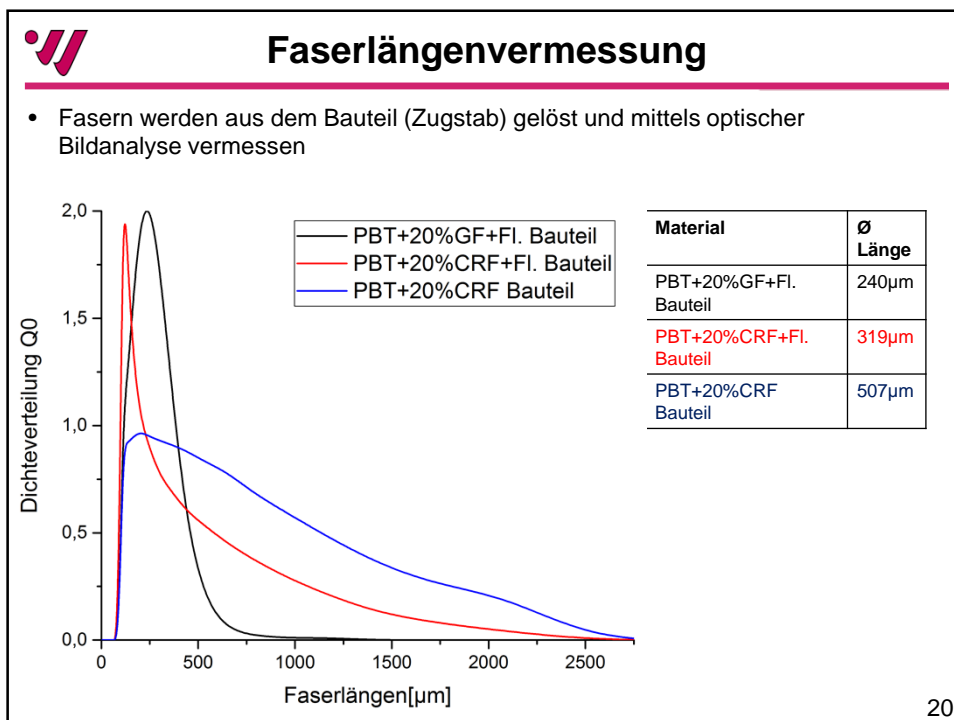
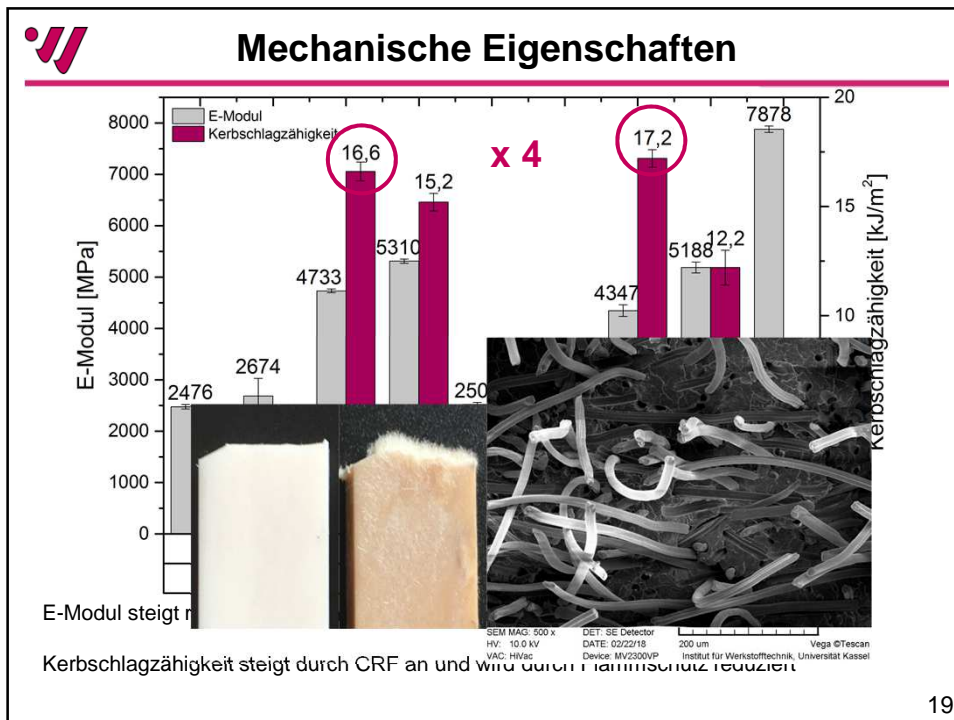
- Mit der Kombination aus zwei halogenfreien Flammschutzadditiven kann nach UL 94 eine V0 Klassifizierung erreicht werden (127mm\*15mm\*1,5mm)

| Material        | Flammschutz   | UL 94 Klass. | $\Sigma t_1+t_2$ |
|-----------------|---------------|--------------|------------------|
| PBT             | 20%AlPi       | (V0)         | 0*               |
| PBT             | 20%MPP        | V2           | 153              |
| PBT             | 14%AlPi+4%MPP | V0           | 22               |
| PBT+30%CRF      | 14%AlPi+4%MPP | V0           | 19               |
| PBT+30%CRF+MAPE | 14%AlPi+4%MPP | V0           | 11               |
| PTT+20%CRF      | 14%AlPi+4%MPP | V0           | 13               |
| PTT+20%CRF+MAPE | 14%AlPi+4%MPP | V0           | 31               |

\* Tropft nicht brennend ab.

17







## Wärmeformbeständigkeit

Die HDT-A wurde nach DIN EN ISO 75 bestimmt:

| Material:              | HDT-A     |
|------------------------|-----------|
| PBT                    | 51°C      |
| PBT+Flammschutz        | 71°C      |
| PBT+20%CRF             | 112-120°C |
| PBT+20%CRF+Flammschutz | 96°C      |
| PBT+30%CRF             | 125-150°C |
| PBT+20%GF              | 202°C     |
| PBT+20%GF+Flammschutz  | 188 °C    |

- HDT-A nimmt mit steigendem Fasergehalt zu
- MAPE Wachs reduziert die Wärmeformbeständigkeit
- Flammschutz reduziert die Wärmeformbeständigkeit

21



**Musterbauteile**

 **Bauteilabmusterungen**

---



Weidezaengerät (horizont)  
Bio-PTT+10%CRF (ca.  
47%Bioanteil)




Kabelführung KATLA Leuchte (Pracht)  
Bio-PTT+10%CRF+18%Flammschutz (ca.  
47%Bioanteil)



Lenkführung (Denk)  
Bio-PTT+20%CRF+18%Flammschutz  
(ca. 57%Bioanteil)

23

 **Fazit**

---

- **Mech. Kennwerte** nehmen mit steigendem Fasergehalt zu → Schlagzähigkeit kann bis zu einem Faktor 6 im Vergleich zum Rohmaterial erhöht werden
- Einsatz von Cellulosefasern → **Reduzierung der Bauteilmasse** um bis zu 24% (vgl. Glasfasern)
- Die **Wärmeformbeständigkeit** nimmt mit steigendem Fasergehalt zu
- Biobasiertes Compound mit bis zu **67% Bioanteil** (Bio-PTT + 30% CRF)
- Mit halogenfreien Flammschutzadditiven wird nach **UL 94 eine V0** Klassifizierung erreicht → für den Elektronik und Elektrobereich geeignet

24


 **U N I K A S S E L**  
**V E R S I T Ä T**

---

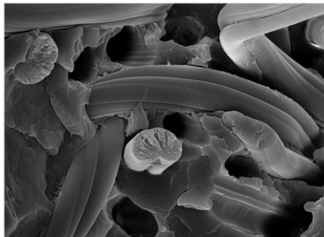
**Vielen Dank  
für Ihre Aufmerksamkeit**

[nicole.gemmeke@uni-kassel.de](mailto:nicole.gemmeke@uni-kassel.de)  
[www.ifw-kassel.de](http://www.ifw-kassel.de)

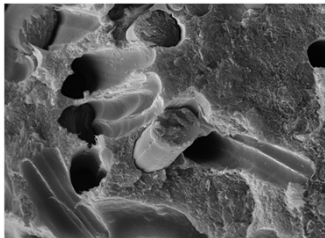


 **REM**

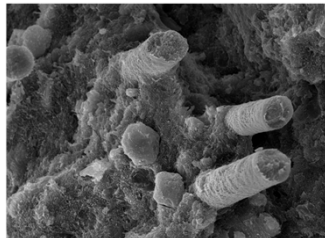
---

  
SEM MAG: 3.00 kv DET: SE Detector  
HV: 20.0 kV DATE: 10/09/18 20 um Vega ©Tescan  
VAC: HVvac Device: MV2300VP Institut für Werkstofftechnik, Universität Kassel

**PBT+20%CRF**

  
SEM MAG: 3.00 kv DET: SE Detector  
HV: 20.0 kV DATE: 10/09/18 20 um Vega ©Tescan  
VAC: HVvac Device: MV2300VP Institut für Werkstofftechnik, Universität Kassel

**PBT+20%CRF+Flammschutz**

  
SEM MAG: 3.00 kv DET: SE Detector  
HV: 20.0 kV DATE: 10/09/18 20 um Vega ©Tescan  
VAC: HVvac Device: MV2300VP Institut für Werkstofftechnik, Universität Kassel

**PBT+20%GF+Flammschutz**

26