



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

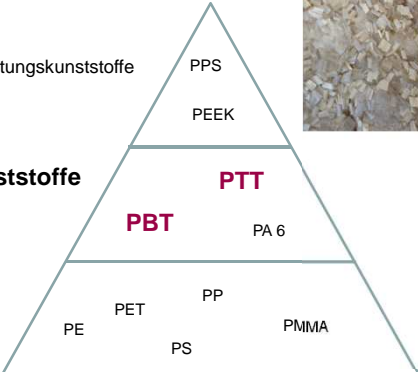




Motivation




Hochleistungskunststoffe

Technische Kunststoffe


Standardkunststoffe



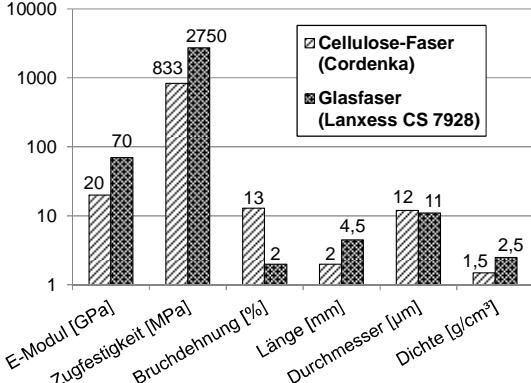




2





Celluloseregeneratfaser

- Rohstoff ist die aus Holz gewonnene Cellulose (ohne Lignin und Hemicellulose)
- Faser wird chemisch hergestellt (Viskoseverfahren)
- Faser mit gleichbleibender Qualität



Eigenschaft	Cellulose-Faser (Cordenka)	Glasfaser (Lanxess CS 7928)
E-Modul [GPa]	20	70
Zugfestigkeit [MPa]	833	2750
Bruchdehnung [%]	13	2
Länge [mm]	2	4,5
Durchmesser [μm]	12	11
Dichte [g/cm^3]	1,5	2,5

3



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

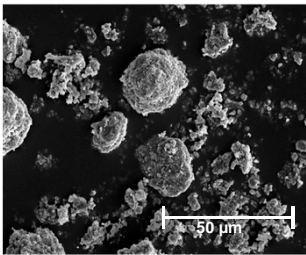
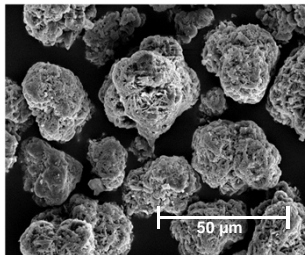


Materialien


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

7

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

8

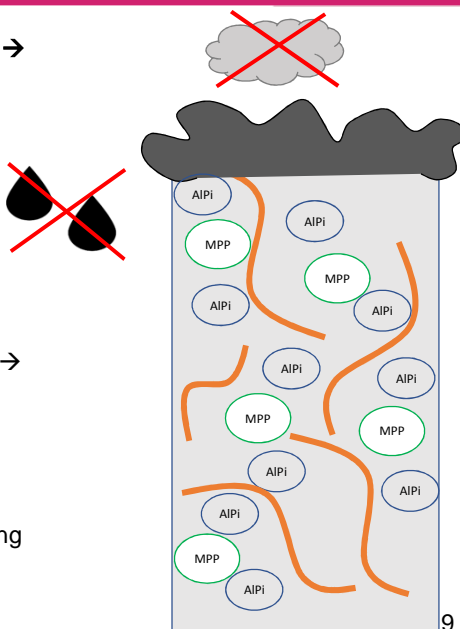
 **Flammschutzsystem**

Intumeszierendes Flammschutzsystem →

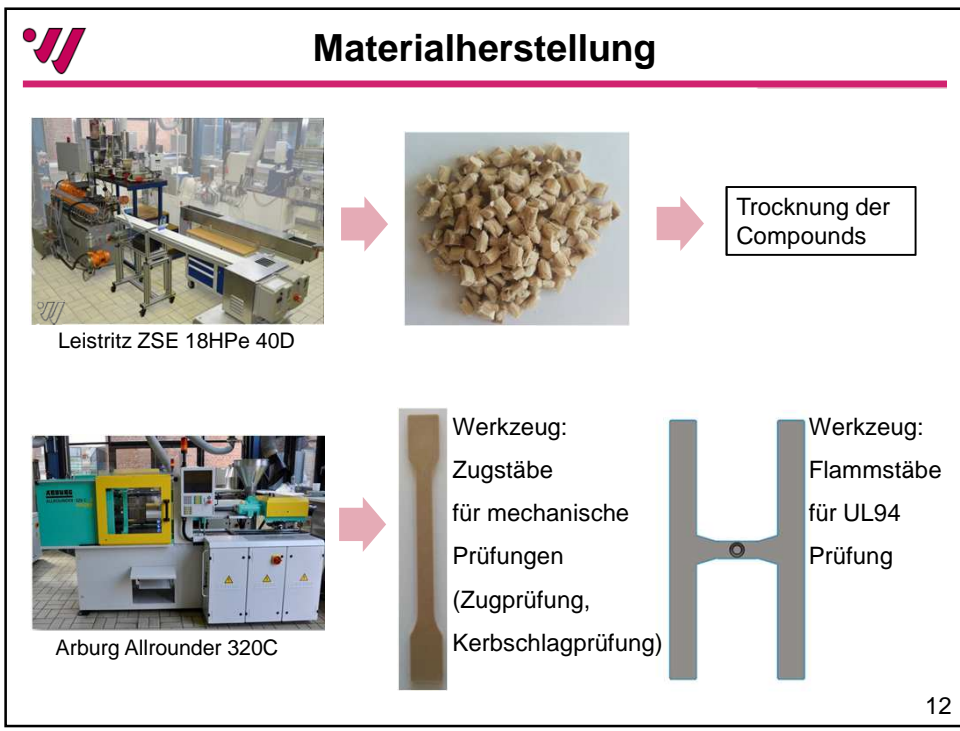
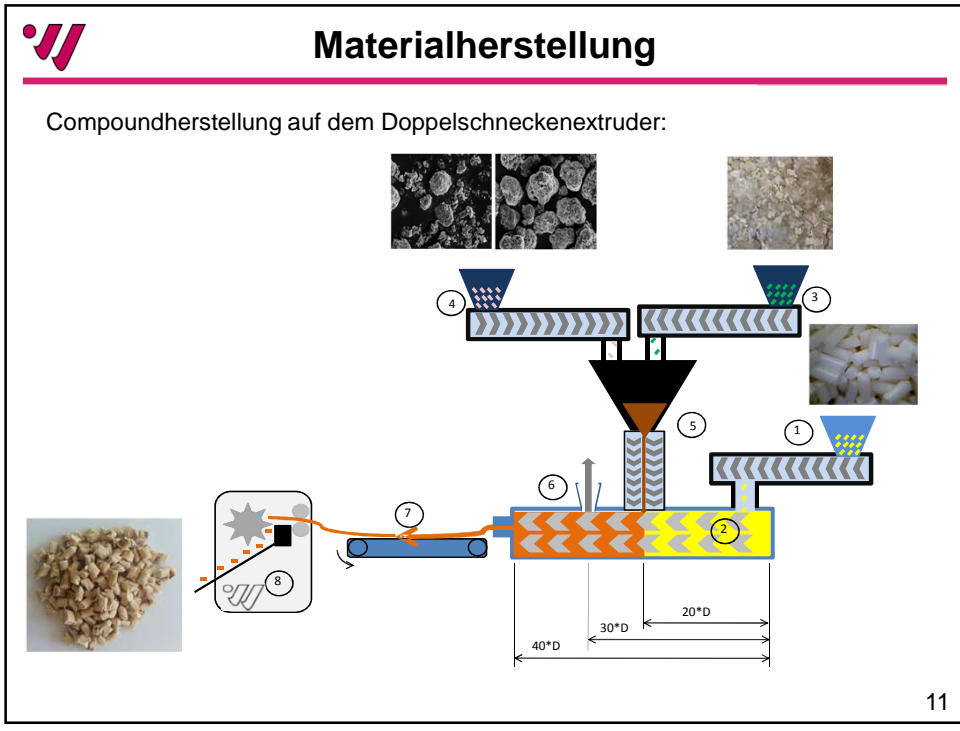
- Kohlebildner: Kunststoffmatrix
- Säurespender: AlPi
- Treibmittel: MPP

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



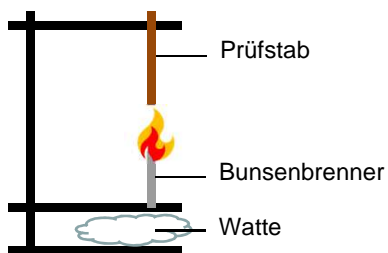
Charakterisierung der Compounds

- 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.	Σt_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

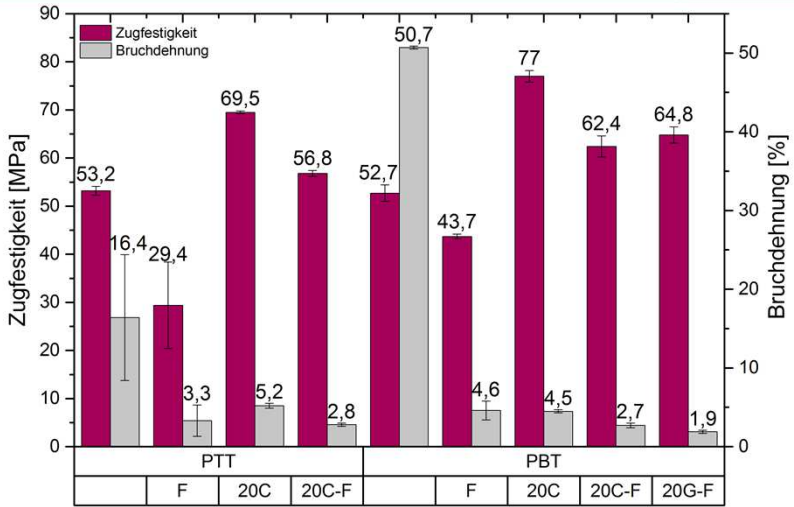
* Tropft nicht brennend ab.

17



Mechanische Eigenschaften

■ Zugfestigkeit
■ Bruchdehnung

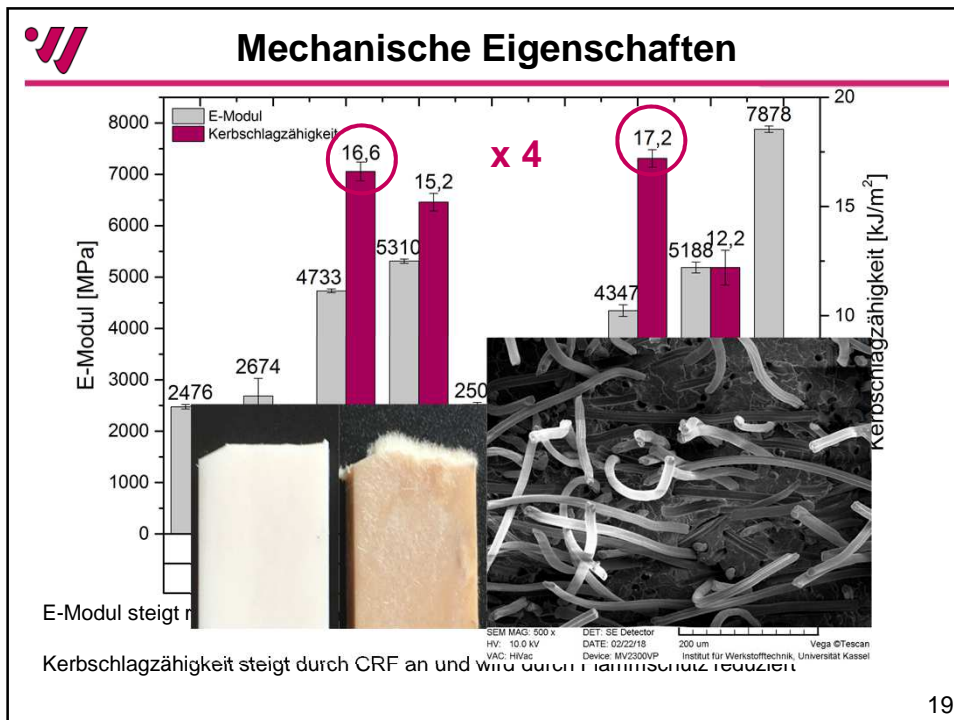


Material	Condition	Zugfestigkeit [MPa]	Bruchdehnung [%]
PTT	F	53,2	16,4
	20C	29,4	3,3
	20C-F	69,5	5,2
	20G-F	56,8	2,8
PBT	F	52,7	50,7
	20C	43,7	4,6
	20C-F	77	4,5
	20G-F	62,4	1,9

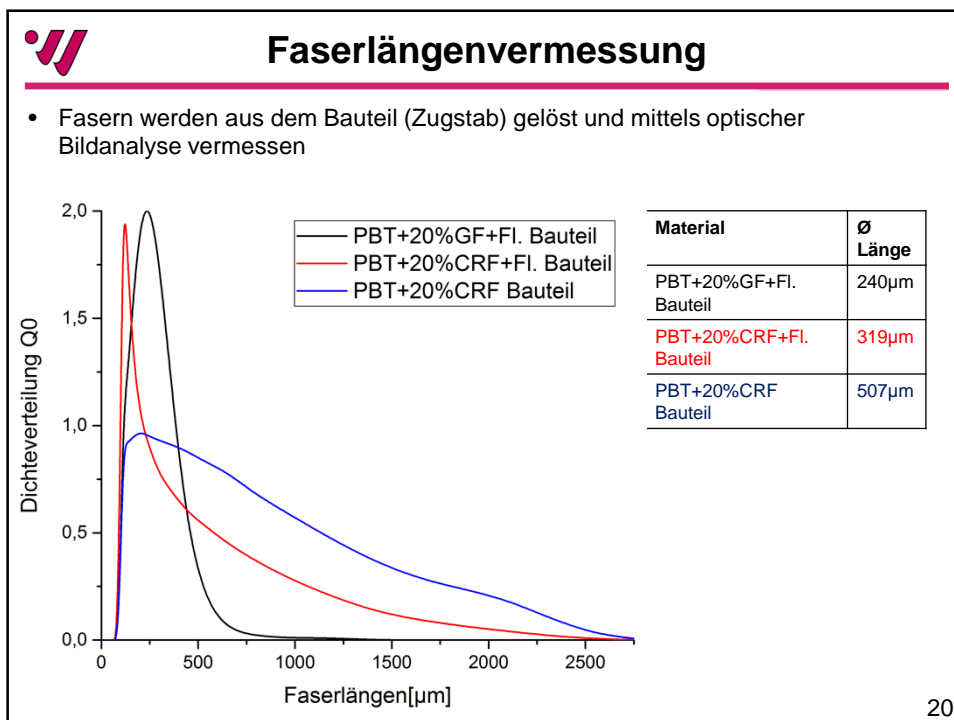
Festigkeit nimmt mit Flammschutz ab, steigt durch CRF an

Bruchdehnung nimmt mit steigendem Füllstoffanteil (CRF und Flammschutz) ab

18



19



20



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

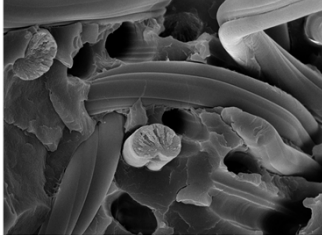
 **U N I K A S S E L**
V E R S I T Ä T

**Vielen Dank
für Ihre Aufmerksamkeit**

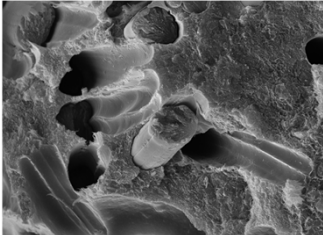
nicole.gemmeke@uni-kassel.de
www.ifw-kassel.de



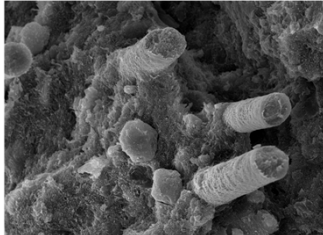
 **REM**


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

PBT+20%CRF


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

PBT+20%CRF+Flammschutz


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

PBT+20%GF+Flammschutz

26