



**Thüringisches Institut für
Textil- und Kunststoff-Forschung e. V.
Rudolstadt-Schwarza**

**Die Entwicklung von Naturfaservliesen für
schlagzähe Verbundstrukturen**

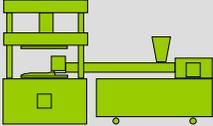


Gliederung:

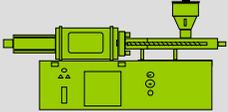
1. Anwendungen von naturfaserverstärkten Kunststoffen
2. Möglichkeiten der Schlagzähmodifizierung
3. Theoretische Zusammenhänge
4. Schlagzähmodifizierung von Naturfaser/EP-Verbunden
5. Vergleich schlagzähmodifizierter EP- und PP-Verbunde
6. Schlussfolgerungen und Ausblick

Anwendungen von Naturfaserverbundwerkstoffen in der Automobilindustrie

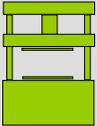
Verfahrenstechnik



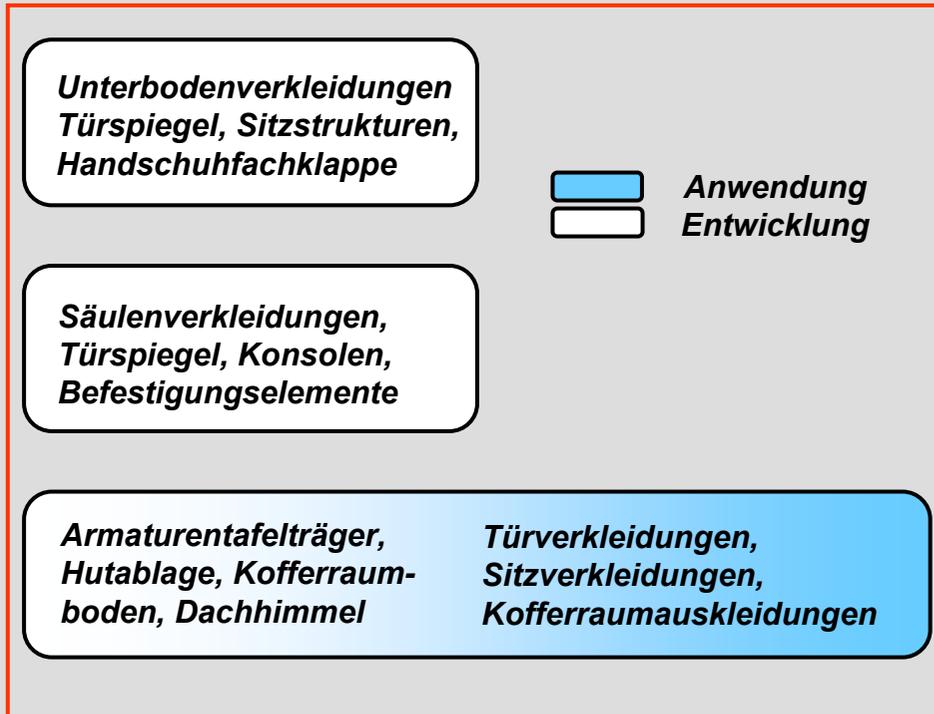
Fließpressen
(Halbzeug: Granulat)



Spritzgießen
(Halbzeug: Granulat)



Formpressen
(Halbzeug: Matte)



Thermoplastische Naturfaserverbunde



Matrix:	Polypropylen
Halbzeug:	Hybridvlies
Fasergehalt:	40-50 Gew.-%
Prozess:	Formpressen

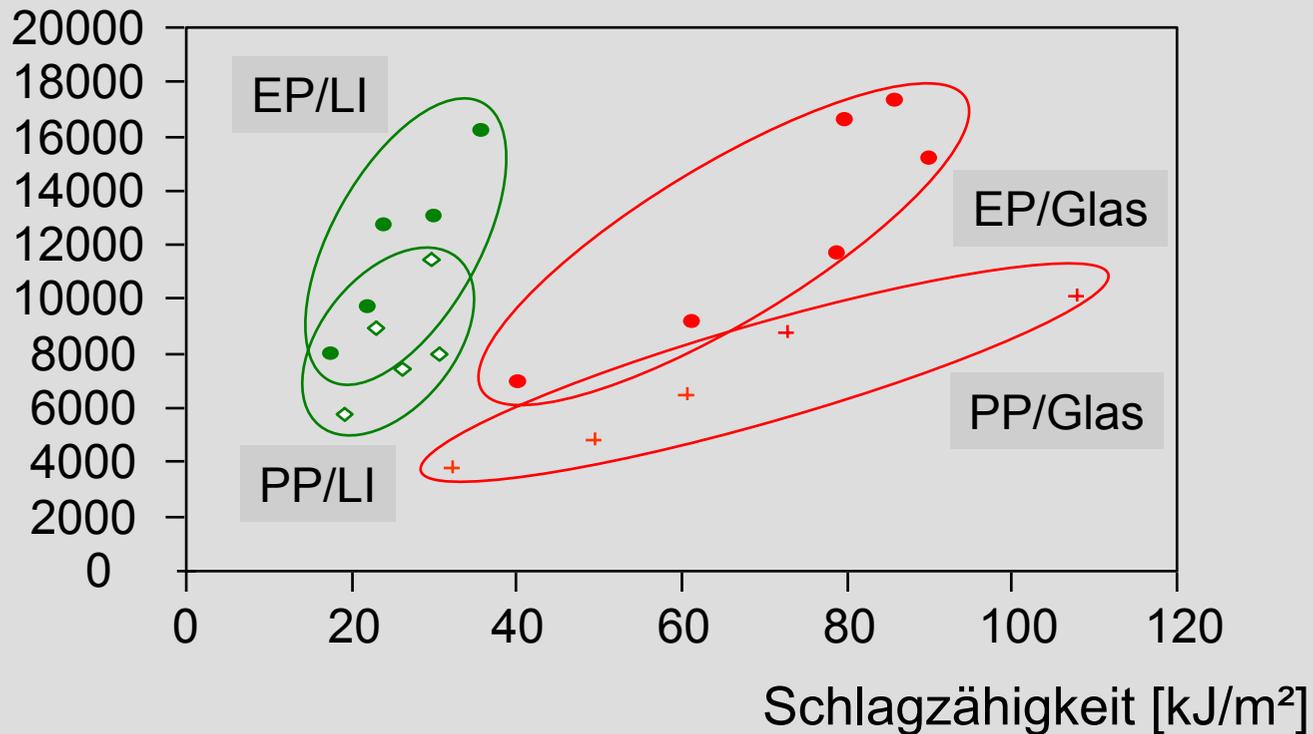
Duroplastische Naturfaserverbunde



Matrix:	EP/PU-Harz
Halbzeug:	Naturfaservlies
Fasergehalt:	60-70 Gew.-%
Prozess:	Formpressen

Steifigkeit und Zähigkeit von Naturfaserverbunden

Zug-E-Modul [N/mm²]



Möglichkeiten zur Beeinflussung der Zähigkeit von Naturfaserverbunden

Faserverbund

Verstärkungsfaser

- Festigkeit, Dehnung,
- Faserlänge, Faserdurchmesser,
- Fasergehalt, Faserorientierung

← Variation der Naturfaserart,
← Zumischung anderer Fasern

Faser-Matrix-Grenzfläche

- Faser-Matrix-Haftung

← Modifizierung der Haftung

Matrixmaterial

- Festigkeit, Dehnung

← Einsatz zäher Matrixmaterialien

Modellvorstellungen zur Schlagzähigkeit von Faserverbunden nach Thomason/Flug

$$a_{cNV} = \sum_{i=1}^n \left[V_{Fi} \cdot \left(\frac{\sigma_{Fi}^2 \cdot l_{Di}}{2 \cdot E_{Fi}} \right) \cdot \left(\frac{l_i}{l_i + l_{Ci}} \right) \right] + (1 - V_F) \cdot a_{cNM}$$

$$l_C = \frac{\sigma_F \cdot d_F}{2 \cdot \tau_G}$$

$$l_D = \frac{a_{FV} \cdot 2 \cdot E_F}{\sigma_F^2}$$

- a_{cNV} Kerbschlagzähigkeit des Verbundes
- σ_{Fi} Faserfestigkeit der Mischungspartner
- E_{Fi} Faser-E-Modul der Mischungspartner
- l_i Faserlänge der Komponenten
- l_{Ci} kritische Faserlänge der Komponenten
- l_{Di} Debondlänge (Faserablösung) der Faserkomponenten
- V_{Fi} Faservolumengehalt der Komponenten
- V_F Gesamtfaservolumengehalt
- a_{cNM} Kerbschlagzähigkeit der Matrix
- a_{FV} Schlagzähigkeit der Faser im Verbund

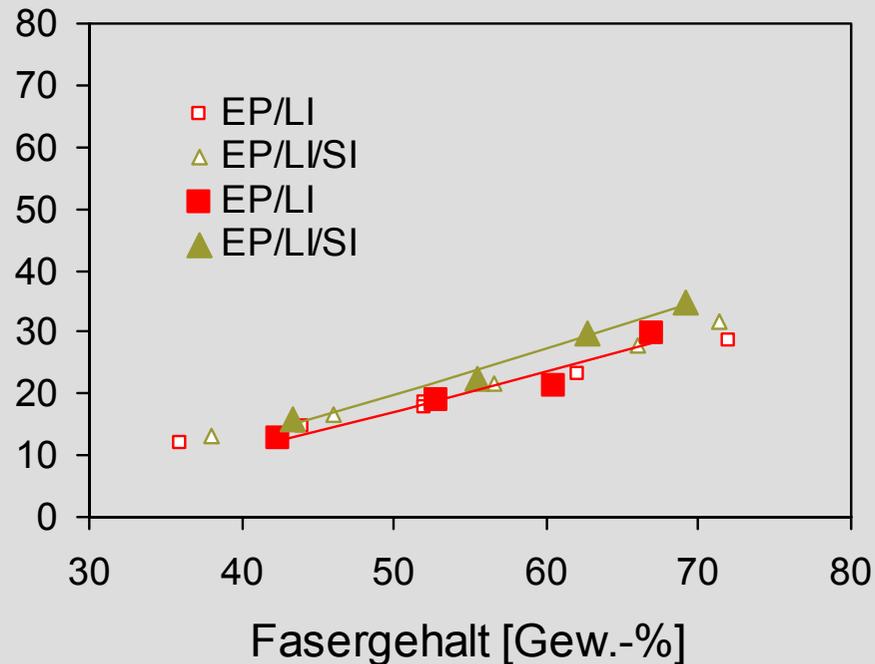
➔ Bei Langfaserverbunden mit hohen Fasergehalten wird die Schlagzähigkeit von den Fasereigenschaften dominiert!

Herstellung von EP/Flachs-Verbunden

1. Herstellung von genadelten Faservliesen
(Flächenmasse 300 g/m²)
2. Zuschnitt und Gelegeaufbau
(Fasergehalt 60 Gew.-%)
3. Aufsprühen des Harzansatzes
(Harzsystem Araldit LY 5138, Härter HY 5138)
4. Verpressung bei 90°C
(Plattendicke 2 mm)
5. Tempern bei 90°C zur vollständigen Aushärtung

Schlagzähigkeit von EP/Naturfaser-Verbunden In Abhängigkeit des Fasergehaltes

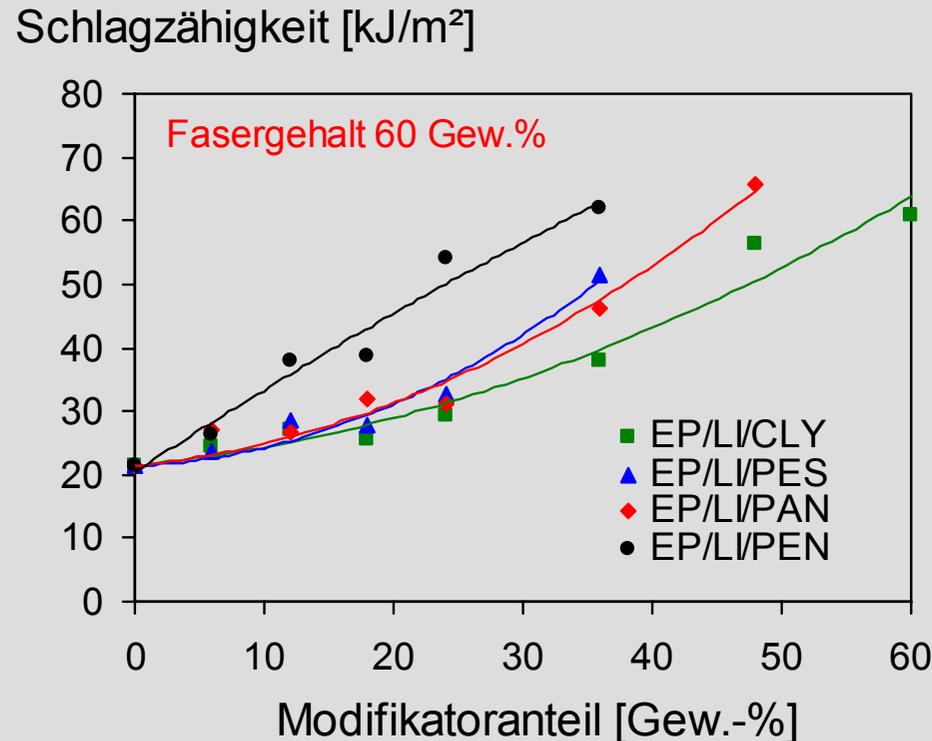
Schlagzähigkeit [kJ/m²]



Eigenschaften der eingesetzten Modifikatorfasern

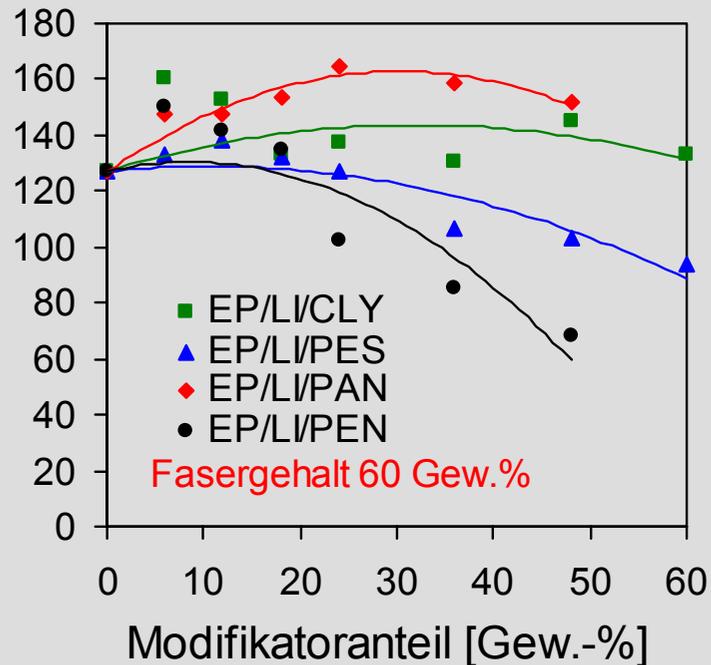
Fasertyp	Dichte [g/cm ³]	Zugfestigkeit		Dehnung [%]	E-Modul	
		[cN/tex]	[N/mm ²]		[cN/tex]	[kN/mm ²]
CLY	1,50	41,0	615	12,8	794	11,9
PES	1,38	55,7	769	23,7	376	5,2
PAN	1,18	83,7	988	13,2	1009	11,9
PEN	1,39	88,8	1234	12,3	1309	18,2

Schlagzähigkeit von EP/Flachs-Verbunden in Abhängigkeit des Modifikatoranteils

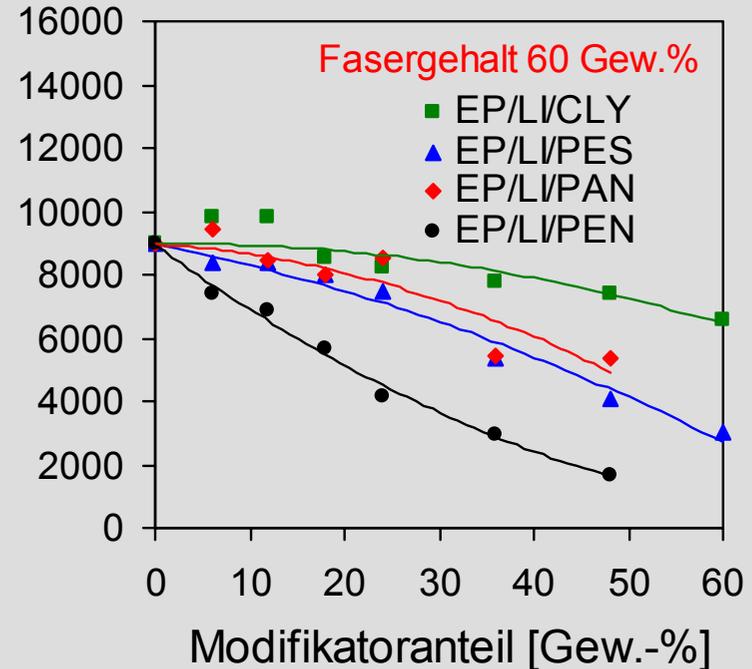


Biegeeigenschaften von EP/Flachs-Verbunden in Abhängigkeit des Modifikatoranteils

Biegefestigkeit [N/mm²]

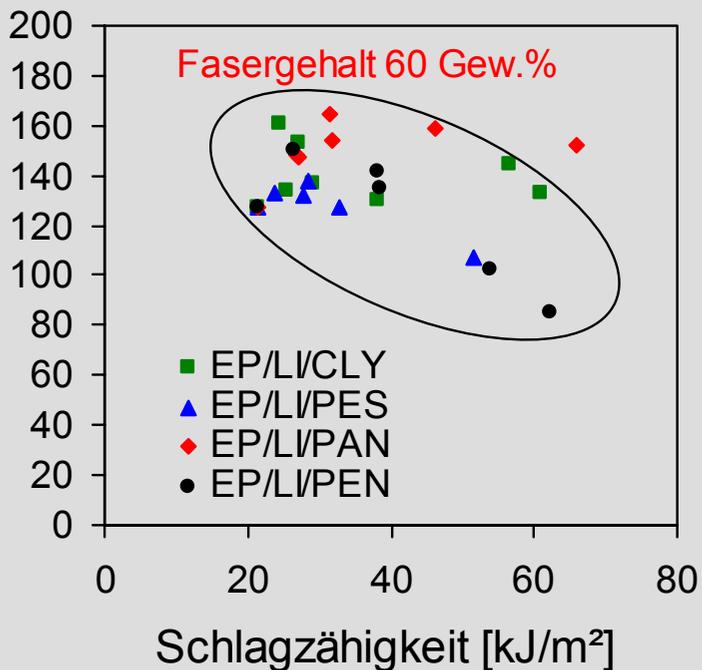


Biege-E-Modul [N/mm²]

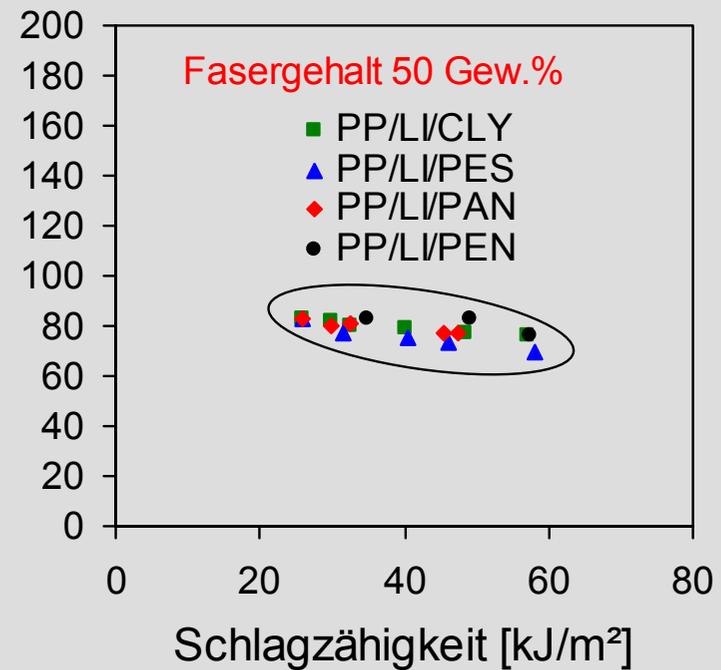


Biegefestigkeit und Schlagzähigkeit bei Einsatz verschiedener Matrixmaterialien

Biegefestigkeit [N/mm²]

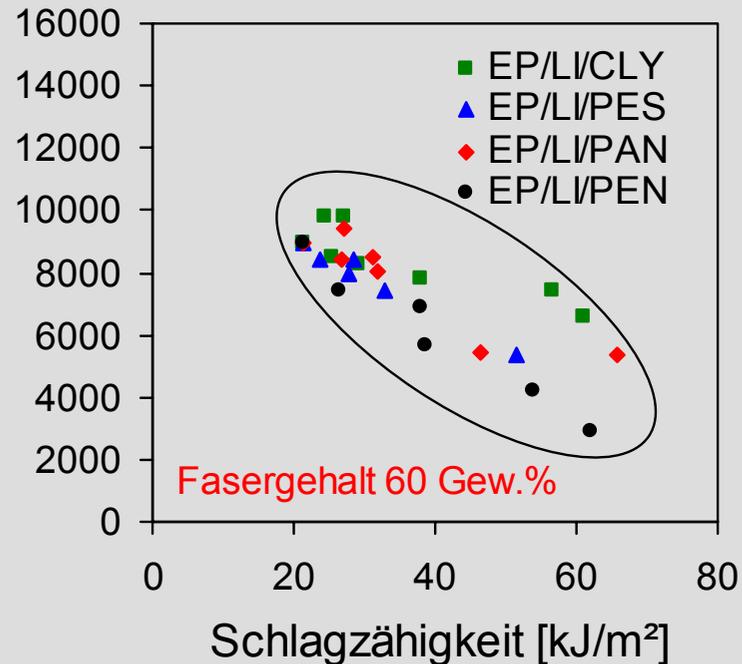


Biegefestigkeit [N/mm²]

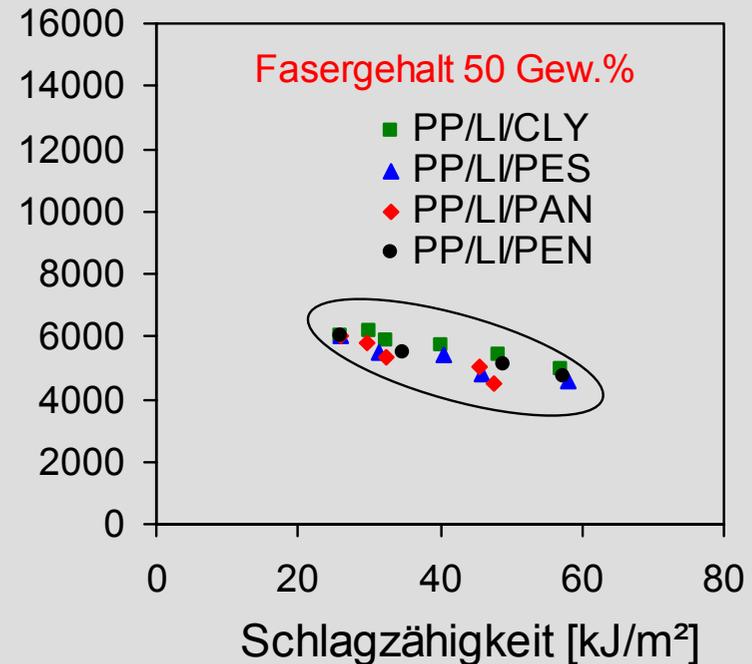


Biege-E-Modul und Schlagzähigkeit bei Einsatz verschiedener Matrixmaterialien

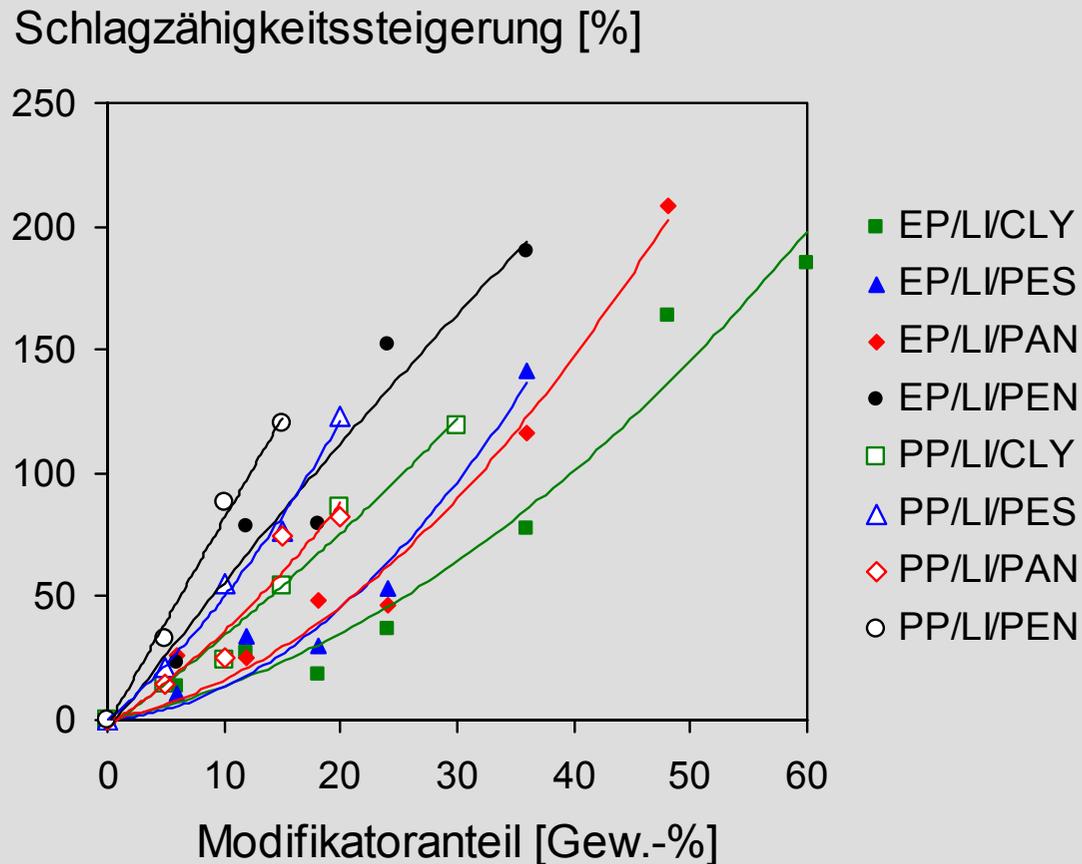
Biege-E-Modul [N/mm²]



Biege-E-Modul [N/mm²]



Wirksamkeit der Schlagzähmodifizierung bei verschiedenen Matrixmaterialien



Schlussfolgerungen und Ausblick

- Die Schlagzähigkeit von Naturfaserverbunden kann durch Zumischung von Fasern höherer Festigkeit und/oder Dehnung optimiert werden.
- Bei naturfaserverstärktem Epoxydharz ist zur Erzielung vergleichbarer Schlagzähigkeitswerte ein höherer Modifikatoranteil erforderlich als bei naturfaserverstärktem Polypropylen.
- Die Höhe und Art der Zumischung ist abhängig von den Anforderungen an die Schlagzähigkeit.
- Es ist das Ziel weiterer Arbeiten, diese Ergebnisse durch Untersuchungen der Kerbschlagzähigkeit und des Durchstoßverhaltens zu ergänzen.