

# Hohe Leistung zu geringerem Preis

## Die Kosten von Hochleistungskunststoffen durch Blends und Verfahren senken

Ihre hohen Rohstoffkosten verhindern bisher in vielen Bereichen den Einsatz von Hochleistungspolymeren. Um eine breitere Verwendung zu ermöglichen, sind deshalb Ideen gefragt, die den Preis senken ohne zu einer deutlichen Verschlechterung der Eigenschaften zu führen. Erreichen lässt sich das etwa durch Blends mit kostengünstigeren Polymeren und speziell angepassten Produktionsverfahren.



Hochleistungspolymeren wie PEEK lassen sich ausspinnen (links) und anschließend zu Garnen und Textilien (rechts) verarbeiten. Durch Blends mit technischen Kunststoffen ist dabei eine deutliche Kostenreduktion möglich © ITA

**T**hermoplastische Hochleistungspolymeren vereinen sehr gute technische Eigenschaften mit einem geringen Gewicht. Sie können im Kontakt mit Chemikalien, bei hoher mechanischer Belastung und unter verschiedenen äußeren Einflüssen wie hohen und sehr niedrigen Temperaturen verwendet werden [1]. Deshalb kommen diese Werkstoffe insbesondere in der Automobil- und Luftfahrtindustrie zum Einsatz. Die Dauergebrauchstemperaturen liegen in der Regel zwischen 150 und 260 °C [2]. Zudem eignen sich thermoplastische Hochleistungspolymeren sehr gut für die Herstellung von Filamentgarnen, wobei typische Werkstoffe für Garne Polyetheretherketon (PEEK), Polyphenylensulfid (PPS) und Polyetherimid (PEI) sind.

Schmelzspinnanlagen mit Betriebstemperaturen bis 400 °C werden für die Herstellung von Filamentgarn aus Hochleistungspolymeren benötigt. Das Institut für Textiltechnik (ITA) der RWTH Aachen ist eine der wenigen Forschungseinrichtungen, die über die notwendige Anlagentechnik im Pilotmaßstab verfügt. Für Forschungsprojek-

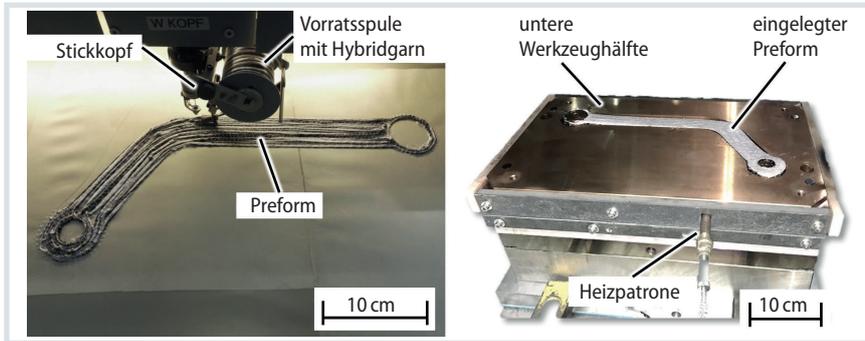
te konnten deshalb bereits erfolgreich Filamentgarne und textile Flächen aus z.B. PEEK hergestellt werden (**Titelbild**).

Neben dem Ausspinnen der Einzelpolymeren wird am ITA an Garnen aus Blends geforscht. Ziel ist die Herstellung von hochtemperaturbeständigem Filamentgarn und Garn mit sehr guten mechanischen Eigenschaften bei gleichzeitiger Senkung der bei Hochleistungspolymeren üblichen Rohstoffkosten. Durch Mischung von Polymeren können Eigenschaften erreicht werden, die keines der Ausgangsmaterialien alleine besitzt. Häufig kann ein Teil des teuren Werkstoffs durch ein günstigeres Material ersetzt werden, ohne große Eigenschaftsverluste zu riskieren.

Für die Herstellung der Blends werden am ITA Mischungen aus teuren, hochtemperaturbeständigen Werkstoffen wie PEEK, PEI und Polyethersulfon (PESU) und günstigeren technischen Thermoplasten etwa Polycarbonat (PC), Polyethylenterephthalat (PET) und Polybutylenterephthalat (PBT) untersucht. Die zu erwartende sehr gute Mischbarkeit von

PEEK+PEI- und PEI+PET-Blends konnte für die direkte Filamentextrusion auf einem gleichläufigen Doppelschneckenextruder und damit für das Schmelzspinnverfahren generell nachgewiesen werden. Zudem wurde Filamentgarn aus beiden Mischungen erfolgreich ausgespinnen.

Ergebnisse der Untersuchungen zeigen, bei einer gleichwertigen Mischung der Materialien PEEK und PEI kann der Preis gegenüber einem reinen PEEK deutlich gesenkt werden, da PEEK bis zu sechsmal teurer ist als PEI. Zudem führt die Mischung zu einer thermischen Stabilisierung der mechanischen Eigenschaften. Es wird bei den Blends nur 20 % der Steifigkeit eingebüßt im Vergleich zu reinem PEEK. Die Materialkosten können durch Zumischen von 50 % PET noch einmal deutlich gesenkt werden, wenn die mechanischen und thermischen Eigenschaften von reinem PEI nicht in voller Höhe notwendig sind. Weitere Eigenschaften des PET, wie die sehr gute Verschleißfestigkeit, können synergetisch mit Eigenschaften des PEI, beispielsweise »



**Bild 1.** Bei der Herstellung der Composite-Bauteile werden Hybridgarne aus Carbonfasern und PEI mittels Tailored Fibre Placement abgelegt (links). Anschließend erfolgt das Heißpressen der Preforms im Presswerkzeug (rechts) © ITA

dem guten Brandverhalten, kombiniert werden.

### FVK mit Hochleistungskunststoffen

Hochleistungskunststoffe eignen sich nicht nur für sehr leistungsfähige Garne, sondern auch für den Einsatz als Matrixwerkstoffe für Faserverbundkunststoffe (FVK). FVK bestehen aus Fasern und Matrix. Die Fasern nehmen dabei die auf den Verbundwerkstoff wirkenden Zugkräfte auf und verstärken dadurch das Bauteil. Typischerweise werden Carbon-, Glas- und Aramidfasern als Verstärkungsfasern verwendet [4]. Die

Matrix dient dazu, die Verstärkungsfasern vor äußeren Einflüssen zu schützen und diese in Form zu halten. Normalerweise kommen dafür duroplastische oder thermoplastische Kunststoffe zum Einsatz. Die Matrix leitet Kräfte in die Fasern ein [4, 5].

Thermoplastische FVK (TP-FVK) zeichnen sich durch vorteilhafte Prozesskosten aufgrund geringer Taktzeiten in der Bauteilherstellung aus. Die große Auswahl an Werkstoffen macht TP-FVK für Anwendungen in der Automobil- und Luftfahrtindustrie besonders interessant [5]. In beiden Branchen werden dafür Hochleistungspolymere mit FST-Konformität (engl. für „fire, smoke, toxicity“) benötigt. Diese Thermoplaste wie PEI weisen jedoch eine sehr hohe Schmelzviskosität auf, wodurch die Verarbeitung teuer und aufwendig ist. Zusätzlich fallen bei der Verarbeitung von gewebebasierten Organoblechen bei der Bauteilherstellung 30 bis 50 % Materialverschchnitt teurer Halbzeuge an [6, 7, 8].

Am ITA wurden deshalb verschnittarme und lastpfadgerechte Strukturbauteile mit PEI-Matrix entwickelt, die zugleich wirtschaftlich herstellbar sind. Als Demonstratorbauteil wurde ein generisches Bauteil einer Flugzeugsitzstruktur ausgewählt. Dabei bestehen die Sitzstrukturen aus Hochleistungsbauteilen, die verschiedene FST-Tests durchlaufen und Kräfte bis zu 16 G aushalten müssen. Am ITA wurden für die Herstellung des Sitzstrukturbauteils vorimprägnierte Carbonfasern, sogenannte Hybridgarne, verwendet. Sie werden mittels Tailored Fibre Placement (TFP) zu einem Preform verarbeitet und anschließend zu einem FVK-Bauteil konsolidiert.

Die Hybridgarne werden über einen kombinierten Spreiz- und Lufttexturierungsprozess hergestellt. Mechanische Spreizstangen helfen dabei, die Schlichte auf

den Carbonfasern aufzubrechen und eine vereinfachte Durchmischung der einzelnen Carbonfilamente mit Thermoplastfilamenten zu ermöglichen. Für das Lufttexturieren kommt eine Prallplattendüse zum Einsatz. Die so hergestellten Hybridgarne werden im Anschluss mittels TFP materialeffizient zu einem Preform verarbeitet (Bild 1). Das TFP-Verfahren entstammt der technischen Stickerei. Dabei können Verstärkungsfasern bzw. Hybridgarne endkonturnah und entlang der Belastungsrichtungen im Bauteil ausgerichtet und abgelegt werden. Die hergestellten Preforms und Bauteile sind dadurch frei von Material- und Faserverschnitt.

### Geringerer Verschchnitt, höhere Fasereffizienz

Die folgende Konsolidierung der Bauteile findet in einem zweiteiligen Presswerkzeug statt, das auf 400 °C erhitzt werden muss (Bild 1). Nach dem Einlegen des Preforms werden die Werkzeughälften geschlossen und der Pressvorgang gestartet, welcher ca. 3 min dauert. Anschließend wird das Werkzeug mittels Frischwasserkühlung gekühlt, sodass die Entnahme des konsolidierten Bauteils bei ca. 50 °C stattfinden kann. Der gesamte Konsolidierungszyklus inklusive Aufheiz- und Kühlzyklus dauert insgesamt etwa 50 min. Für das TFP-Verfahren müssen verschiedene Materialien für das Stickgarn oder -vlies ausgewählt werden, die mit dem Matrixwerkstoff kompatibel sind. Am ITA wurde insbesondere untersucht, welchen Einfluss der Rovingabstand im Preform auf die Fließwege und spätere Bauteilperformance hat.

Durch diese Entwicklungen lassen sich technische und ökonomische Parameter in der Herstellung von TP-FVK aus Hochtemperaturthermoplasten gegenüber dem Stand der Technik weiter verbessern. Die Gesamtwertigkeit – eine Kombination aus technischer und wirtschaftlicher Wertigkeit – der Bauteile mit dem entwickelten Spreizluftmischhybridgarn ist um 15 % höher als die der Referenzmaterialien (Tabelle) [8]. Außerdem ergibt sich eine Verschchnittreduktion und somit eine höhere Fasereffizienz. In Bezug auf die Performance, Flexibilität und Verarbeitung ist der entwickelte Hybridgarnansatz deutlich Organoblechbauteilen überlegen. Aufgrund der teuren Rohstoffe und der noch langsameren Prozessgeschwindigkeit können Organoblechbauteile der-

## Die Autoren

**Dr.-Ing. Max Schwab** ist Key Account und Industry Project Manager for Composite Production am Institut für Textiltechnik (ITA) der RWTH Aachen;  
max.schwab@ita.rwth-aachen.de

**Dr.-Ing. Lukasz Debicki** ist Bereichsleiter Multi Filament Technology am ITA;  
lukasz.debicki@ita.rwth-aachen.de

**Melina Sachtleben, M.Sc.,** ist wissenschaftliche Mitarbeiterin im Bereich Multi Filament Technology am ITA;  
melina.sachtleben@ita.rwth-aachen.de

**Tobias Schlüter** ist ehemaliger wissenschaftlicher Mitarbeiter des ITA.

**Prof. Thomas Gries** leitet das ITA;  
thomas.gries@ita.rwth-aachen.de

## Service

### Literatur & Digitalversion

Das Literaturverzeichnis und ein PDF des Artikels finden Sie unter  
[www.kunststoffe.de/onlinearchiv](http://www.kunststoffe.de/onlinearchiv)

Technische Wertigkeit							
Bewertungskriterien (Gewichtung in Klammern)	Performance [30]	Prozessstabilität [30]	Flexibilität [25]	Verarbeitung [15]	Wertungszahl	Technische Wertigkeit	
Hybridgarn-TFP	3	2	3	3	270	0,68	
Organoblech	1	4	1	1	190	0,48	
ideal	4	4	4	4	400	1,00	
Wirtschaftliche Wertigkeit							
Bewertungskriterien (Gewichtung in Klammern)	Materialkosten [30]	Personalkosten [30]	Bauteilkosten pro kg [20]	Verschnitt [10]	Zusatzschritte [10]	Wertungszahl	Wirtschaftliche Wertigkeit
Hybridgarn-TFP	4	1	3	4	4	290	0,73
Organoblech	3	3	4	4	1	310	0,78
ideal	4	4	4	4	4	400	1,00

**Tabelle.** Berechnung der technischen und wirtschaftlichen Wertigkeit der Hybridgarn-TFP-Bauteile im Vergleich zu Organoblechen Quelle: [8]

zeit jedoch wirtschaftlich noch etwas günstiger hergestellt werden.

### Fazit

Thermoplastische Hochleistungspolymere werden bei Garnen und Faserverbundbauteilen bereits gewinnbringend für An-

wendungen in der Luftfahrt und dem Automobil eingesetzt. Der große Vorteil dieser Kunststoffe besteht in der Kombination von sehr guten technischen Eigenschaften bei gleichzeitig geringem Gewicht. Eine Herausforderung stellt jedoch ihr hoher Preis dar. Forschungsarbeiten des ITA zeigen in diesem Zusammenhang,

dass bei Garnen eine Kostenreduktion durch ein Mischen mit technischen Kunststoffen möglich ist. Im Faserverbundbauteil können Kosten durch den Einsatz von Hybridgarnen und neuartigen Produktionsverfahren wie TFP eingespart werden. Dadurch ist zukünftig ein breiterer Einsatz dieser Polymere möglich. ■



**HANSER**

## ONLINE KUNSTSTOFF BIBLIOTHEK

- ↳ Schneller Zugriff auf Fachinformationen
- ↳ Mit Suchfunktion
- ↳ 24/7 verfügbar

**www.Kunststoff-Bibliothek.de**

**Jetzt kostenlos testen!**