

Mehr als nur Leichtbau

Die elektrische Leitfähigkeit von CFK für Zusatzfunktionen nutzen

CFK verfügen in Abhängigkeit vom Carbonfasergehalt, der Faserlänge sowie der Orientierung der Fasern über eine inhärente Leitfähigkeit. Bisher wurde diese jedoch kaum beachtet oder als störender Effekt betrachtet. Richtig umgesetzt, lassen sich damit jedoch zusätzliche Funktionen wie EMV-Abschirmung und Heizleistung in Bauteile integrieren.

Für den Leichtbau werden Carbonfasern (CF) wegen ihrer extremen Festigkeit und Steifigkeit verwendet [1,2]. Dabei war für die Anwender die Leitfähigkeit der CF bisher eine eher neutrale Eigenschaft. In der Verarbeitung ist sie hingegen ein Problem, da Maschinen- und Anlagenteile vor elektrischen Kurzschlüssen geschützt werden müssen. Carbonfaserverstärkte Kunststoffe (CFK) sind sehr niedrigohmig [3] und bieten dadurch ein Potenzial für die Integration von Zusatzfunktionen auf Basis der elektrischen Leitfähigkeit. Bisher wurde diese allerdings kaum beachtet und im Hinblick auf die Funktionsintegration nicht systematisch erforscht. Am Thüringischen Institut für Textil- und Kunststoff-Forschung (TITK) wurden deshalb die grundlegenden Zusammenhänge der Prozessführung bei der Fertigung, die mikro- und makroskopischen Materialeigenschaften und deren

Auswirkungen auf die elektrische Leitfähigkeit sowie die abschirmenden EMV-Eigenschaften von CFK untersucht [4].

Bei der Verarbeitung von CFK kommen folgende Verfahren serienmäßig zum Einsatz:

- Spritzgießen mit CF-Compounds
- Extrusion mit CF-Compounds
- Thermoformen mit Organoblechen
- Nasspressen und Resin Transfer Molding (RTM) mit duroplastischen Harzen
- Fließpressen mit Sheet Molding Compounds (SMC)

Jeder Prozess besitzt spezifische Randbedingungen hinsichtlich der Faserlängen und -anteile und erzeugt darüber hinaus eine typische Faserorientierung. Daraus ergeben sich für die verschiedenen CFK ganz unterschiedliche mechanische Werkstoffeigenschaften, die über die praktischen Einsatzgebiete der Werkstoffe ent-

scheiden. Bei allen für die Untersuchungen hergestellten Materialien (**Tabelle**) wurden recycelte Carbonfasern (rCF) eingesetzt. Der Recyclingprozess von harzfreien Gelege- und Gewebeabfällen führt zu endlich langen rCF, sodass alle Verarbeitungsprozesse auf die verfügbaren Faserlängen abgestimmt sein müssen. Die aus den Verarbeitungsprozessen resultierenden Verbundstrukturen beeinflussen nicht nur die mechanischen Werkstoffeigenschaften, sondern bestimmen auch die elektrische Leitfähigkeit der rCFK.

Inhärente elektrische Leitfähigkeit

Ausgehend von den verfahrenstechnischen Randbedingungen zur Fertigung der rCFK ergibt sich eine mehr oder weniger stark ausgeprägte elektrische Leitfähigkeit. Das lässt sich gut am Beispiel der elektrischen Widerstände von Spritzgussplatten, SMC-Plattenware sowie Organoblechen mit Polypropylen (PP), Polyamid (PA) und Epoxidharz als Matrixmaterial ablesen (**Bild 1**).

Die untersuchten rCFK können nicht nur statische Ladungen abführen, sondern verfügen auch über eine material-spezifische elektrische Leitfähigkeit. Bei kurzfaserverstärkten rCFK, die im Spritzgießverfahren oder durch Extrusion verarbeitet werden, ist der elektrische Widerstand sehr stark vom Fasergehalt abhängig. Der Übergang von antistatisch bis gut elektrisch leitend ist dabei fließend. Bis zu einem Faservolumengehalt von ca. 10 Vol.-% sind diese Werkstoffe antistatisch bis ladungsableitend. Erhöht sich der Faservolumenanteil, bildet sich ein leitfähiges Netzwerk aus und die elektri-

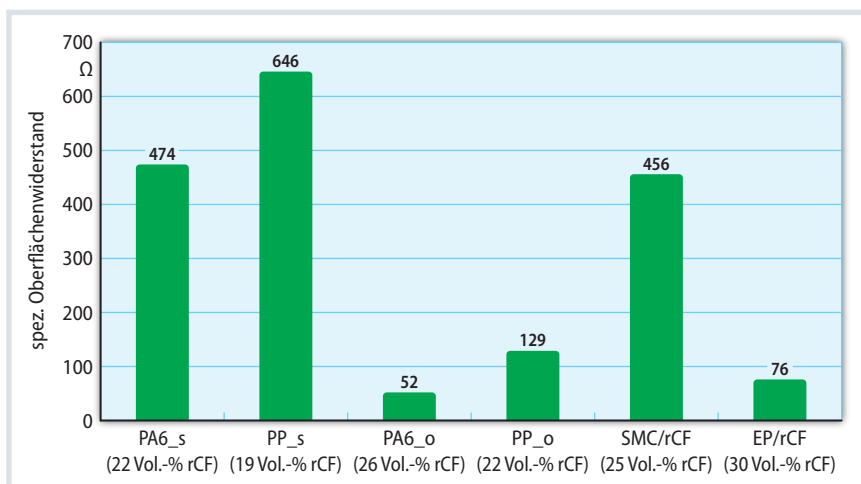


Bild 1. Spezifischer Oberflächenwiderstand verschiedener rCFK: Der Widerstand hängt sowohl vom Faservolumengehalt als auch dem Herstellungsverfahren ab. Quelle: TITK; Grafik: © Hanser

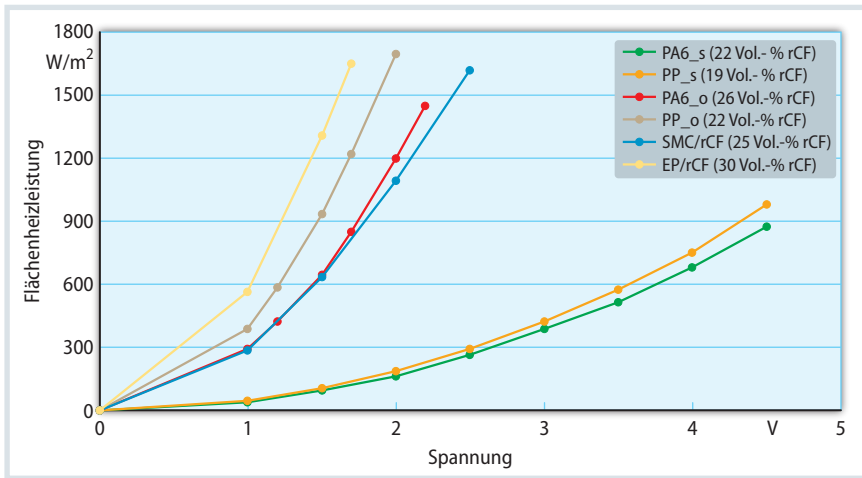


Bild 2. Flächenheizleistung verschiedener rCFK: Hohe Faseranteile und längere Fasern sorgen für eine höhere Heizleistung Quelle: TITK; Grafik: © Hanser

schen Widerstände verringern sich deutlich. Bei spritzgießtypischen Faservolumengehalten zwischen 10 und 20 Vol.-% werden Oberflächenwiderstände von 10^2 - $10^3 \Omega$ erreicht (**Bild 1**). Langfaserverstärkte rCFK, die mit den Verfahren Thermoformen, Nasspressen oder SMC gefertigt werden,

enthalten verfahrensbedingt Faservolumenanteile zwischen 20 und 30 Vol.-%. Daraus ergibt sich ein dichtes rCF-Netzwerk, weshalb diese Materialien sehr geringe Widerstände von $< 10^2 \Omega$ besitzen (**Bild 1**).

Die geringen elektrischen Widerstände der rCFK können zum Aufheizen dieser

Werkstoffe genutzt werden [5, 6]. Schon bei geringen Betriebsspannungen fließen relativ hohe Ströme und die Materialien lassen sich problemlos auf 60-80 °C aufheizen. Langfaserverstärkte rCF generieren wegen höheren Faseranteilen und langen Fasern höhere Heizleistungen als kurzfaserverstärkte Materialvarianten (**Bild 2**). Da bei allen untersuchten rCFK eine homogene Faserverteilung vorliegt, erfolgt eine sehr gleichmäßige Erwärmung des gesamten Composites. Ein Formpressteil aus einem Naturfaser-PP-Träger und einem Dekorvlies, bei dem eine Lage eines rCF-PP-Organoblechs integriert wurde, erwärmt sich etwa bei Anlegen einer Niederspannung auf moderate 40 °C (**Bild 3**).

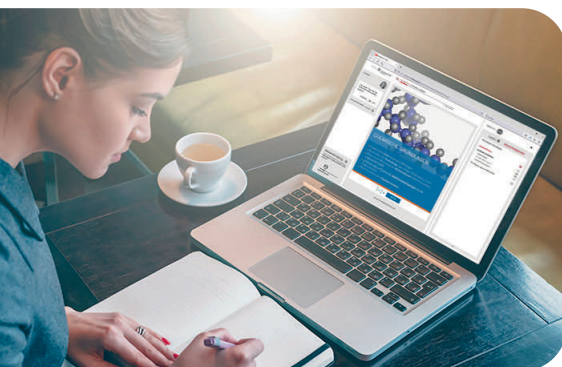
Abschirmung elektromagnetischer Felder

Für schirmende Eigenschaften sind hohe elektrische Leitfähigkeiten erforderlich. Dafür sind besonders Organobleche aus rCF-Vliesen mit thermo- oder duroplastischen Matrices geeignet. Die schir- ➤



Kunststoff eCampus

Powered by
HANSER & SKZ



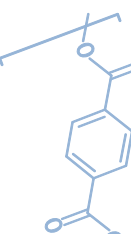
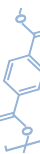
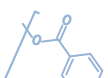
Bringen Sie die Weiterbildung Ihrer Mitarbeiter auf das nächste Level:

Mit dem **Kunststoff eCampus**, der neuen adaptiven Lernplattform für die Unternehmensweiterbildung.

Jetzt kostenlose Demoversion testen!

Erster Kurs: Werkstoffkunde I

www.Kunststoff-eCampus.de



menden Eigenschaften wurden vom Kooperationspartner IMG Electronic Power Systems mithilfe von EMV-Analysen untersucht. Diese erfolgten mit folgenden Messverfahren und in folgenden Frequenzbereichen:

- Transmissionsdämpfung [7] mit Hohlleiter im Frequenzbereich von 5800–8200 MHz
- Transmissionsdämpfung mit Zweikammermessdose im Frequenzbereich 40–1000 MHz nach US-Norm ASTM ES 7/83 mit Verstärker [8]
- Schirmdämpfung nach VG 95373/T15 im Frequenzbereich 30–1000 MHz mit Verstärker

Die Transmissionsdämpfungsmessungen an den rCFK-Kunststoffplatten zeigten, dass mit Organoblechen Transmissionsdämpfungen von bis zu 75 dB erreichbar sind (**Bild 4**). Das sind für Kunststoffe sehr gute Werte [9]. Die rCFK wirken aber ebenfalls in den WLAN-Bereichen zwischen 25 und 30 dB. Entscheidend für die Dämpfungseigenschaften sind der

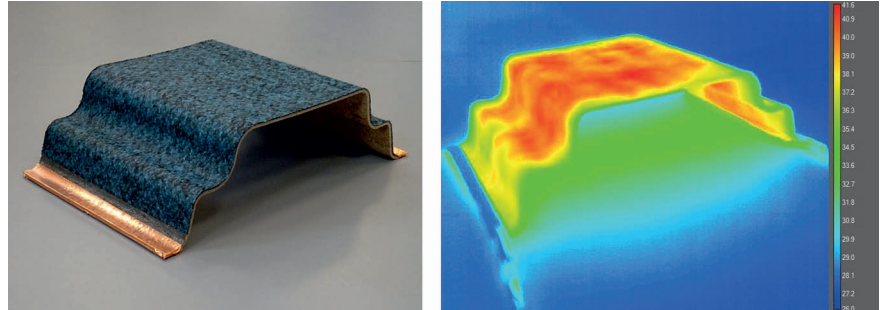


Bild 3. Demonstrator mit integriertem rCF-PP-Organoblech: Über das CFK lässt sich das gesamte Formpressteil aufheizen Quelle: TITK; Grafik: © Hanser

Kurzbezeichnung	Fertigungsverfahren	CF-Anteil [Vol.-%]	Faserlänge [mm]
PA6_s	Spritzgießen mit rCF-Compounds	5-20	0,1-1,0
PP_s			
PA6_o	Thermoformen mit Organoblech	20-25	30-50
PP_o			
EP/rCF	Nasspressen mit rCF-Vlies und EP-Matrixharz	30	30-50
SMC/rCF	Fließpressen mit SMC	15-25	30-50

Tabelle. Merkmale der untersuchten rCFK Quelle: TITK

Faseranteil und deren Verteilung, die Faserlänge und der werkstoffliche Aufbau der rCFK-Materialien, wie homogene Faser-mischungen oder Schichtaufbau aus leitfähigen CF-Schichten und nicht leitfähigen Kunststoffschichten. Das verdeutlichen sehr gut die Organobleche mit PP-Matrix. Sie bestehen aus mehreren Lagen rCF-PP-Hybridvlies, die übereinander geschichtet die geforderte Verbunddicke ergeben. Die Decklage des Schichtaufbaus bildet ein reines PP-Vlies. Aus diesem Aufbau ergeben sich zwei unterschiedliche Qualitäten der Oberfläche des Organo-

blechs: eine mit PP versiegelte Oberfläche (PP_o1) und eine Oberfläche mit teilweise freiliegenden CF (PP_o2). Die Oberfläche mit den teilweise freiliegenden CF kann einen höheren Anteil elektromagnetischer Strahlung reflektieren und erreicht damit eine bessere Abschirmwirkung.

Während die Transmissionsdämpfungen vornehmlich die werkstofflichen Dämpfungseigenschaften charakterisieren, ermöglicht die Messung der Schirmdämpfung nach VG-Norm eine Aussage zur Wirksamkeit der Abschirmung im

Die Autoren

Dipl.-Chem. Carmen Knobelsdorf ist seit 1992 als Projektleiterin im Fachbereich Textil- und Werkstoffforschung des Thüringischen Instituts für Textil- und Kunststoff-Forschung e. V. (TITK) in Rudolstadt tätig; knobelsdorf@titik.de

Ass.-Prof. Frank Gräbner ist seit 1995 bei IMG Electronic & Power Systems in Nordhausen tätig. Gleichzeitig lehrt er an der Faculty of Electrical Engineering, Electronics and Automation der University of Rouse; frank.graebner@img-nordhausen.de

Dank

Das Forschungsvorhaben wurde gefördert vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestags. Die Autoren bedanken sich für die Unterstützung.

Service

Literatur & Digitalversion

- Das Literaturverzeichnis und ein PDF des Artikels finden Sie unter www.kunststoffe.de/onlinearchiv

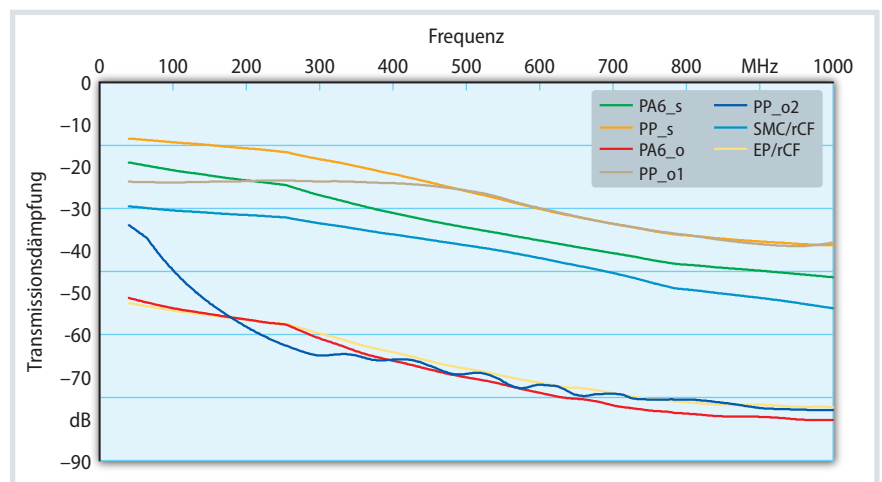


Bild 4. Transmissionsdämpfungsmessungen an rCFK-Kunststoffplatten nach der US-Norm ASTM ES 7/83: Mit den CFK sind Dämpfungen von bis zu 75 dB möglich Quelle: IMG; Grafik: © Hanser

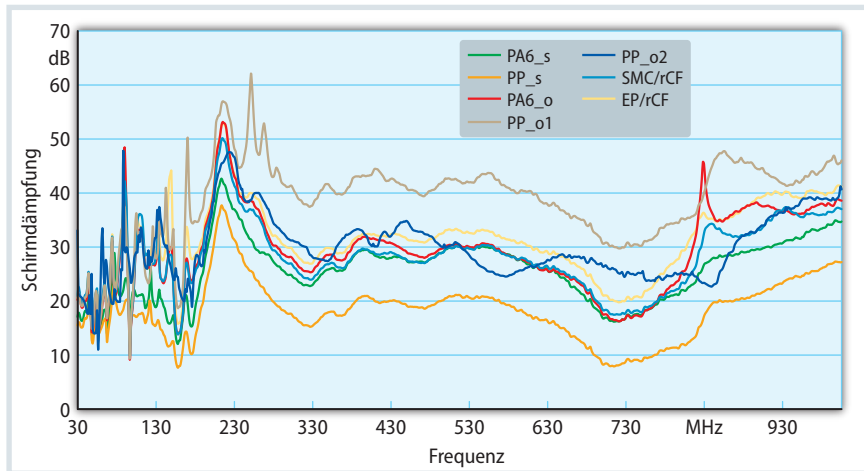


Bild 5. Schirmdämpfungsmessung an rCFK-Kunststoffgehäusen nach der VG-Norm: Besonders hohe Werte erreicht ein CFK mit PP-Matrix, bei dem die Fasern an der Oberfläche nicht vollständig mit Matrix versiegelt sind Quelle: IMG; Grafik: © Hanser

Anwendungsfall als technische Applikationsgeometrie. Die rCFK erreichen dabei maximale Schirmdämpfungen von 40–50 dB. Das entspricht einer Felddurchlässigkeit von weniger als 0,01 % (**Bild 5**). Eine besonders gute Abschirmung erzeugt das Organoblech mit PP-Matrix, wenn bei der Konstruktion die Oberfläche mit den teilweise freiliegenden CF

die Außenseite bildet (Kurve PP_o2). In diesem Fall kann eine sehr hohe Abschirmung durch hohe Anteile an Reflexion erzielt werden. Allerdings sind solche Oberflächenbeschaffenheiten in der Praxis so gut wie nicht nutzbar, da von den freiliegenden CF die Gefahr von Kurzschlüssen in elektronischen Bauteilen ausgeht.

Fazit und Ausblick

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass mit rCFK die Funktionen Heizen und EMV-Abschirmung umsetzbar sind. Damit können rCFK nicht mehr nur zur Struktur- und Formgebung dienen, sondern mit ihren elektrisch leitenden und abschirmenden Eigenschaften Eingang in intelligente Leichtbaukonzepte finden. Die Ergebnisse der durchgeführten EMV-Messungen zeigen, dass rCFK ein großes Potenzial für schirmende EMV-Aufbauten für Gehäuse, Kabel und Steckverbinder aufweisen. Sie stellen ein interessantes Material für E-Fahrzeuge und selbstfahrende und abstands-geregelte Automobile dar. Die dafür interessanten Daten zur Schirmwirkung der rCFK im Kfz-Abstandsradarbereich von 27–72 GHz werden von den Partnern IMG und TITK noch erarbeitet. In weiteren Forschungen wird am Optimum aus Faservolumengehalt, Oberflächenmorphologie, mechanischen Werkstoffeigenschaften und optimalem Schichtaufbau eines Multilayers aus CF und Matrixmaterial gearbeitet. Damit ist eine weitere Verbesserung der Schirmwirkung unter Beachtung der technischen Bauteilanforderungen möglich. ■

3D-Druck mit CFK-verstärktem PA

Polyamid-Filamente für Funktionsbauteile

Der italienische Compoundeur **Radici-Group** hat mit Radilon Adline eine Familie an Filamenten für den 3D-Druck vorgestellt. Sie beruht auf der Radilon-Polyamidproduktreihe des Unternehmens. Gezeigt wurden sie auf 3D-Druck-Messe Formnext.

Die Filamente zeichnen sich dem Unternehmen zufolge durch sehr gute Leistungseigenschaften aus. Sie sollen sich deshalb nicht nur für das Prototyping, sondern auch für die Produktion von Funktionsbauteilen eignen. Radici hat die Produktreihe eigenen Angaben zufolge bereits auf verschiedenen auf dem Markt befindlichen 3D-Drucksystemen getestet, um eine reibungslose Verarbeitung der Filamente zu ermöglichen.

„Die additive Fertigung stellt uns vor besondere technische Herausforderungen, die mit teilkristallinen Polymeren nicht so einfach zu erfüllen sind. Daher

haben wir zunächst damit begonnen, die Polyamide zu identifizieren, die diese technischen Anforderungen erfüllen. Konkret haben wir uns auf Filamente für das FFF-Verfahren konzentriert und Hightech-Materialien auf Basis von PA-6-PA-66-Copolymeren entwickelt, die aufgrund ihres niedrigen Schmelzpunkts von 195 °C für die meisten Drucker geeignet sind“, erklärte dazu Chiara Devasini, Marketing & Development Project Leader bei RadiciGroup High Performance Polymers.

Derzeit umfasst die Reihe die Produkte Radilon Adline CS und Radilon Adline CS-CF. Bei ersterem handelt es sich um ein PA-6-PA-66-Copolymer. Es ermöglicht Radici zufolge eine einfache Verarbeitung per 3D-Druck, gute Oberflächeneigenschaften und eine gute Haftung zwischen den einzelnen Schichten und besitzt eine geringe Schwindung. Der Typ



Die Filamente bestehen aus PA-6-PA-66-Copolymeren und sind sowohl fürs Prototyping als auch für Funktionsbauteile geeignet © Radici

CS-CF ist mit Kohlenstofffasern verstärkt. Er lässt sich laut dem Unternehmen einfach verarbeiten und verfügt über einen sehr hohen Elastizitätsmodul und eine sehr hohe Steifigkeit sowie mechanische Festigkeit.

In Zukunft soll die Reihe noch um weitere Typen ergänzt werden. Radici arbeitet gegenwärtig etwa gerade an Filamenten auf PA-6-Basis sowie aus nachwachsenden Rohstoffen.