

Hergestellt werden LFT mit Fasern in Granulatlänge durch Pultrusion
(Bilder: ProTec Polymer Processing)

Im Verbund aufgewertet

LFT-Herstellung. Langfaserverstärkte Thermoplaste (LFT) ermöglichen Bauteile, die hohe Belastbarkeit mit zugleich niedrigem Gewicht kombinieren. Hergestellt werden LFT mit Fasern in Granulatlänge nach dem sogenannten Pultrusionsverfahren. Die hier vorgestellte Anlagentechnik eignet sich zur Herstellung einer breiten Werkstoffpalette mit unterschiedlicher Polymermatrix und unterschiedlicher Faserverstärkung.

**PETER KRÜMPEL
MICHAEL RETTIG**

Langfaserverstärkte Thermoplaste (LFT) erschließen Anwendungsgebiete, die bisher Duroplasten vorbehalten waren. Da LFT auch im Spritzgießverfahren verarbeitbar sind, lassen sich damit Bauteile deutlich kostengünstiger realisieren als beispielsweise klassische, mit Langglasfasern verstärkte duroplastische Kunststoffe (GFK). Das manuelle Laminieren von GFK ist sehr arbeits- und somit kostenintensiv, maschinelle Pressverfahren wie SMC (Sheet Molding Compound) oder BMC (Bulk Molding Compound) erfordern teure Werkzeuge, die sich nur bei Großserien rechnen. Da-

rüber hinaus sind Polyesterharze, die hierfür meistens eingesetzt werden, relativ spröde und gasen zudem beim Verar-

beiten stark aus, was zu einer unangenehmen Geruchsbelastung führt. Ein weiterer und zugleich gravierender Nachteil

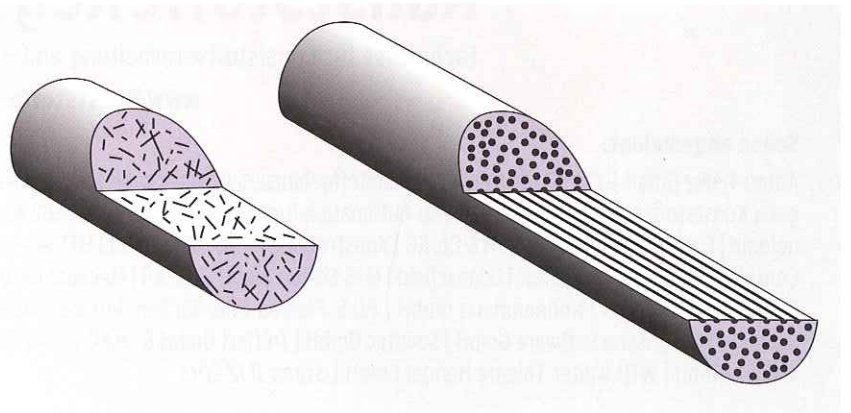


Bild 1. Faserverstärkte Granulate, schematisch: ausgerüstet mit unorientierten Kurzfasern, Faserlängen von 0,2–0,4 mm (links), und mit unidirektional ausgerichteten Langfasern mit Faserlängen in Granulatlänge, meist von 7–25 mm (rechts)

ARTIKEL ALS PDF unter www.kunststoffe.de
Dokumenten-Nummer KU111585

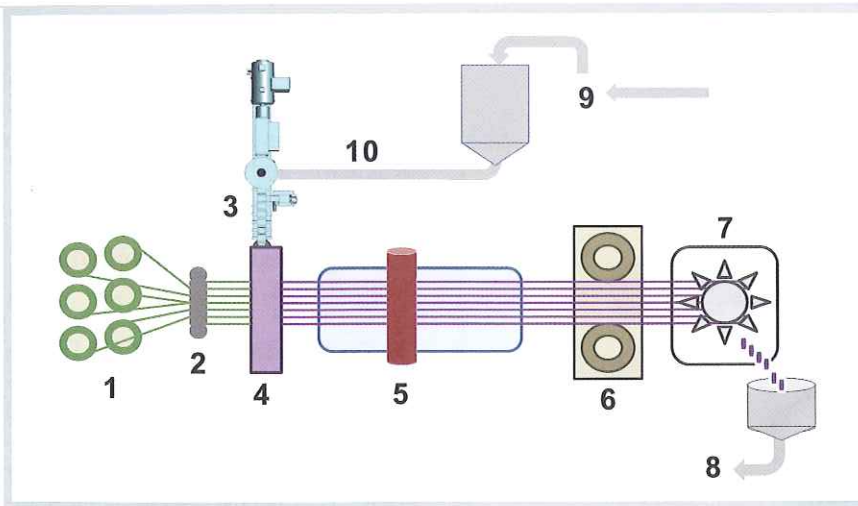


Bild 2. Pultrusionsanlage, bestehend aus Spulengatter zur Aufnahme und Abwicklung der Faserspulen (1), Spanneinrichtung mit Kämmen zum Führen und Spannen der Faserstränge (2), Extruder zur Schmelzaufbereitung (3), Werkzeug zum Imprägnieren der Fasern mit der Polymerschmelze (4), intensivierte Kühlung (5), Vorrichtung (Puller) zum Spannen und Ziehen der Faser-Polymer-Stränge (6), Granulator (7), Konfektionierung (Abpacken oder Silofüllung) des LFT-Granulats (8), Rohstoffzuführung aus Silo, Big Bag o.Ä. (9), Extruderbeschickung aus dem Trockner bzw. Dosiersystem (10)

Die Faserstränge gelangen von den Spulengattern über eine spezielle, mit Kämmen versehene Führungseinrichtung, mit der die Fasern parallel ausgerichtet und gespannt werden, in das Imprägnierwerkzeug. Hierzu sind die Spulengatter (Bild 3) so konstruiert, dass beim Abwickeln der Faserspulen kein Verdrehen (Twist) der Faserbündel stattfindet. Das ist wichtig, um eine gleichmäßig gute Benetzung der Fasern beim Imprägnieren zu erzielen. Im Idealfall werden dazu die Faserstränge beim Durchlaufen des Werkzeugs in die Filamente vereinzelt, um so jede Einzelfaser mit der Polymerschmelze zu ummanteln. Die Prozessparameter für die Extruderleistung und die Abzugsgeschwindigkeit lassen sich so regeln, dass die Polymer-Faser-Stränge beim Austritt aus dem Werkzeug die gewünschte Zusammensetzung (Faserge-

von GFK ist, dass duroplastische Bauteile nach der Gebrauchsdauer nicht recyclingfähig sind.

Die mittlerweile weit verbreiteten, mit Kurzglasfasern (Faserlängen 0,2 bis 0,4 mm) verstärkten Thermoplaste (Bild 1) lassen sich zwar recyceln, erreichen allerdings bei Weitem nicht die mechanischen Kennwerte von duroplastischen Polyesterformteilen mit Langglasfasern. Werden hohe Anforderungen an Festigkeit, Steifigkeit und Schlagzähigkeit sowie hohe Wärmeformbeständigkeit der Bauteile gestellt, ist dies auch bei Thermoplasten nur mit langen Fasern (LFT) zu realisieren. Beim Verarbeiten von LFT bildet sich ein regelrechtes Stützskelett aus Glasfasern aus, das auch beim Verbrennen (Veraschen) der Polymermatrix als Faserskelett in der ursprünglichen Geometrie des Bauteils erhalten bleibt.

Hergestellt durch Pultrusion

Hergestellt werden LFT durch sogenannte Pultrusion. Der Begriff entstammt einer Wortkombination aus „Pull“ (Ziehen)



Bild 3. Die Spulengatter ermöglichen ein verdrehfreies Abwickeln der Faserstränge

und „Extrusion“. Bei diesem Verfahren werden Glasfaserstränge kontinuierlich durch eine Polymerschmelze gezogen, dabei in die Polymermatrix eingebettet und die geformten Faser-Polymer-Stränge nach dem Abkühlen abschließend granuliert. Den Aufbau der von der ProTec Polymer Processing GmbH, Bensheim, und der PolymersNet GmbH, Lampertheim, für die Herstellung von LFT konzipierten Kompletanlage zeigt Bild 2.

halt) haben. Wichtig ist zugleich eine möglichst gleichmäßige Verteilung der Fasern über den gesamten Strangquerschnitt, was allerdings bei sehr geringen Fasergehalten schwierig realisierbar ist.

Die heißen Faser-Polymer-Stränge erhalten in einem weiteren Verfahrensschritt ihre endgültige Form. Nach dem Abkühlen in einem Wasserbad durchlaufen sie noch eine Zugeinrichtung (Puller), bevor sie abschließend konfektioniert werden. Über diese Zugeinrichtung wird der kontinuierliche Lauf der Anlage gesteuert. Die mit dem Puller auf die Faserstränge ausgeübte Zugkraft setzt sich über das Imprägnierwerkzeug weiter fort bis hin zum Abwickeln der Stränge von den einzelnen Faserspulen.

Die Polymer-Faser-Stränge können entweder als Endlosmaterial aufgewickelt oder zu Granulaten in der gewünschten Länge geschnitten werden. LFT-Granulate für die Spritzgießverarbeitung haben üblicherweise eine Länge von rund 10 mm. Für Formteile, die im Pressver-

Kennwert		LFT PLA (30 % Langglasfasern)	PLA unmodifiziert
Zugfestigkeit	[MPa]	84	70
E-Modul	[MPa]	107000	3610
Bruchdehnung	[%]	1,1	3,2
Wärmeformbeständigkeit HDT/A	[°C]	64	54
Wärmeformbeständigkeit HDT/B	[°C]	108	55
Charpy-Kerbschlagzähigkeit	[kJ/m ²]	23	1,6

Tabelle 1. Mechanische und thermische Eigenschaften von PLA werden durch Langglasfaser-Ausrüstung erheblich verbessert (Quelle: Metabolix, Inc., Cambridge, MA/USA)

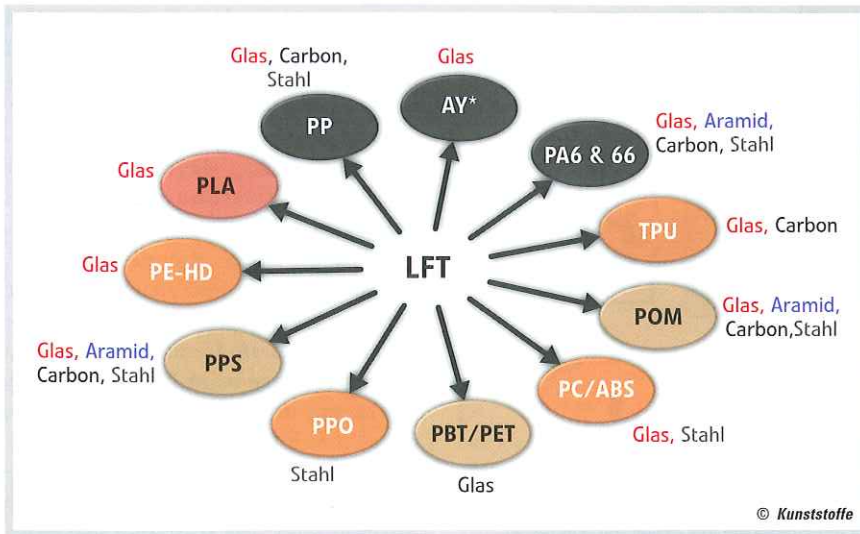


Bild 4. LFT lassen sich mit den unterschiedlichsten Verstärkungsfasern und unterschiedlichster Matrix realisieren (AY*: Polymerblends)

fahren entstehen, kommen auch Granulate mit 25 mm Länge (LFT mit extralangen Fasern) zum Einsatz.

Mit der Anlagentechnik von ProTec/PolymersNet lässt sich eine breite Palette an LFT mit unterschiedlicher Faserverstärkung und vielfältiger Polymermatrix herstellen (Bild 4). Realisierbar sind dabei Fasergehalte bis zu 60 Gew.-% und Anlagengrößen mit Durchsätzen bis zu 1,2 t/h. Der Extruder zum Aufbereiten der Polymermatrix kann frei gewählt werden. Grundsätzlich ist es auch möglich, die jeweils eingesetzte Polymermatrix direkt vor Ort zu compoundieren.

Die Bedienung der Anlage mit allen Baugruppen erfolgt zentral von der Anlagensteuerung aus. Variabel regelbar sind beispielsweise die Liniengeschwindigkeit, der Durchsatz des Extruders, evtl. die Po-



Bild 5. Gut imprägnierte LFT-Typen bleiben bei mechanischer Belastung weitestgehend unversehrt (links), lediglich mit Matrixmaterial grob ummantelt zerfällt der Verbund, und lose Fasern werden in großem Umfang sichtbar (rechts)

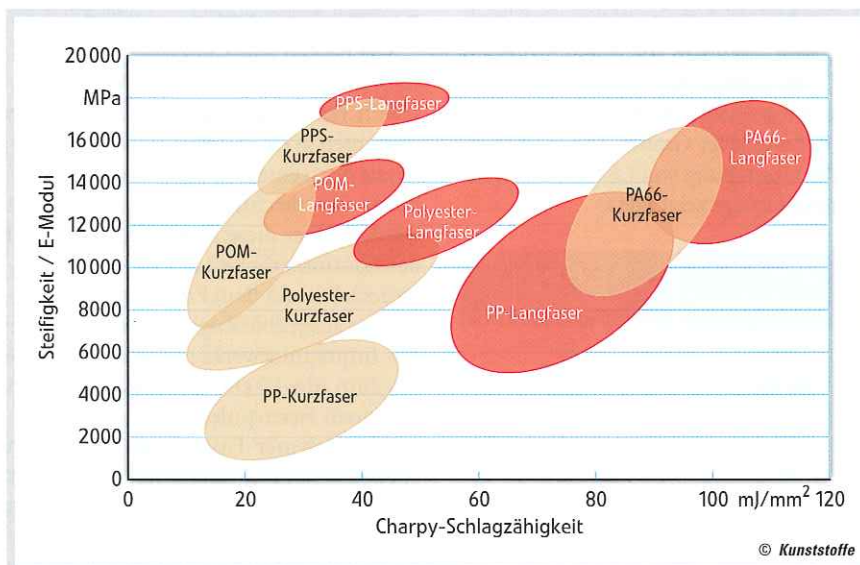


Bild 6. Langglasfasern verleihen Werkstoffen im Vergleich zu Kurzglasfasern ein deutlich höheres Eigenschaftsniveau

lymerzusammensetzung, die Schnittlänge der Pellets und – falls für den jeweiligen Anwendungsfall erforderlich – auch weitere vor- und nachgeschaltete Zusatzfunktionen.

Imprägnierqualität beeinflusst Bauteilqualität

Die Qualität des Einbettens der Faserfilamente in die Polymermatrix (Imprägnierung) hat einen direkten Einfluss auf die Formteilqualität. LFT mit gut imprägnierten Glasfasern, wie sie mit der ProTec/PolymersNet-Technologie standardmäßig realisiert werden, ergeben Bauteile mit sehr guter Oberflächenqualität. Sind die Faserbündel jedoch lediglich mit der Polymermatrix ummantelt – solche LFT-Typen sind ebenfalls auf

dem Markt verfügbar – kann dies zu mangelhaften Formteiloberflächen führen. Die Praxis widerlegt häufig die Annahme, dass die gewünschte homogene und vollständige Imprägnierung der Einzelfilamente bei der späteren Verarbeitung erfolgt, beispielsweise beim Aufbereiten der Schmelze in der Spritzgießmaschine. Häufig zeigen LFT mit lediglich ummantelten Fasersträngen Defekte mit deutlich abgebildeten Fasern und Faserenden auf der Formteiloberfläche, sogenannte Swirls.

Der Unterschied in der Imprägnierqualität der Fasern wird auch durch einen einfachen Test mit mechanischer Beanspruchung des Granulats in einem Schlagmahlwerk (elektrische Kaffeemühle) deutlich. LFT mit durchgängig imprägnierten Einzelfilamenten überstehen die Beanspruchung nahezu unbeschadet, die lediglich mit Matrix ummantelten Faserbündel zerfallen hingegen sehr schnell,

lose und komplett unbehandelte Fasern und Faserbündel werden in erheblichem Umfang sichtbar (Bild 5). Diese mangelhafte Haftung zwischen Faser und Matrix kann sich zwangsläufig auch auf die mechanischen Kennwerte des Formteils auswirken.

LFT haben noch viel Entwicklungspotenzial

Gegenüber konventionellen, kurzglasfaserverstärkten Kunststoffen haben Langfaser-Thermoplaste eine deutlich höhere Schlagzähigkeit, Festigkeit und Steifigkeit (Bild 6). Diese Eigenschaftskombination ermöglicht Formteile, die hohen mechanischen und thermischen Belastungen standhalten können. Gleichzeitig ist das Fasergerüst, das sich bei der Formgebung ausbildet sehr verformungsstabil und führt zu verringertem Verzug und damit höherer Maßhaltigkeit des Bauteils.

So lassen sich beispielsweise mit Polypropylen (PP) als LFT Bauteile realisieren, die vom Eigenschaftsprofil bislang den Polyamiden vorbehalten waren – und das zu einem deutlich günstigeren Materialpreis. Bereits etablierte Anwendungen beispielsweise im Fahrzeugbau sind u. a. Frontends, Instrumententafelträger oder auch Türmodule. Generell lassen sich Thermoplaste durch den Wechsel von Kurzglasfaser- auf Langglasfaserverstärkung auf ein signifikant höheres Eigenschaftsniveau anheben. Diese „Aufwertung“ gilt nicht zuletzt auch für die noch junge und mengenmäßig kontinuierlich wachsende Rohstoffklasse der Biopolymere (Tabelle 1). Als LFT erreichen Biopolymere das Eigenschaftsniveau von technischen Kunststoffen.

Auch wenn bereits einige LFT-Anwendungen realisiert werden, so ist die Entwicklung der Langfaserthermoplaste noch längst nicht abgeschlossen. Insbesondere in Verbindung mit Hochtemperatur-Kunststoffen wie Polyphenylsulfiden, Polyarylsulfonen u. Ä. als Matrix lässt sich noch ein enormes Potenzial dieser Werkstoffgruppe zur Metallsubstitution erschließen. LFT-Leichtbauteile mit hoher mechanischer Belastbarkeit, hoher Temperatur- und Medienbeständigkeit als Ersatzwerkstoffe für bislang eingesetzte Leichtmetalle und

Metalle werden nicht nur im Automobilbau zunehmend benötigt. Es ist davon auszugehen, dass der Anteil der LFT-Werkstoffe in den nächsten Jahren überproportional wachsen wird. ■

DIE AUTOREN

PETER KRÜMPEL, geb. 1948, ist Gesellschafter der PolymersNet GmbH, Lampertheim.

peter.kruempel@polymersnet.de

MICHAEL RETTIG, geb. 1983, ist Product Manager bei der ProTec Polymer Processing GmbH, Bensheim.

michael.rettig@sp-protec.com

SUMMARY

GREATER VALUE IN COMBINATION

LFT PRODUCTION. Long fiber-reinforced thermoplastics (LFT) make it possible to manufacture parts that are lightweight, but can still withstand high loads. LFTs with fibers oriented along the length of the pellet are produced by means of the so-called pultrusion process. The equipment presented here is well-suited for producing a wide range of materials based on different polymers as the matrix and different amounts of reinforcing fibers.

Read the complete article in our magazine

Kunststoffe international and on

www.kunststoffe-international.com



The Specialist in Extruder Gearboxes



Since 1957, made in Italy

From our new Italian manufacturing and production facilities located in Magnago (Milan) and Lendinara (Rovigo), Zambello is the highest quality gearbox producer dedicated to the worldwide plastics machinery industry. With our most advanced technology and extensive experience and knowledge, you can rely on us for absolute superior quality products and service.

Headquarter:
via A. Manzoni, 46 - 20020 Magnago - MI - ITALY
Tel. +39 0331 307616 - Fax +39 0331 309577
E-mail info@zambello.it

ZAMBELLO group

www.zambellogroup.com