

Holzfasern mit Kunststoff compoundieren



Ein zweiwelliger Schneckenknetter im Technikum dient zur Optimierung von Schneckenkonfiguration, Verfahrensablauf und Verfahrensparametern für das Herstellen von Holzfaserkunststoff-Composites

Spritzgießen. Holzfasern-Kunststoff-Composites sind innovative Materialien. Ihr Einsatzgebiet reicht von der Möbelindustrie und dem Bauwesen bis zur Fahrzeugbranche. Die Fertigungstiefe bei einem schwedischen Spezialisten für Holzfasern-Kunststoff-Composites umfasst die gesamte Produktionskette von der Holzfaseraufbereitung bis zum spritzgegossenen Formteil.

**HANS FRISK
DANIEL SCHWENDEMANN**

Composites aus Holzfasern und Kunststoffen bieten die Möglichkeit, die Eigenschaften dieser unterschiedlichen Materialien vorteilhaft zu kombinieren (Bild 1). Extrudate aus mit Holzmehl oder Holzfasern gefüllten Kunststoffen kommen bislang überwiegend im Bauwesen zum Einsatz, z. B. zum Belegen von Terrassen sowie als Profile für Fenster, Türen und Geländer. Der wichtigste Markt dafür sind die USA; dort wurden im Jahr 2000 rund 200 000 t Holz-Kunststoff-Composites produziert. Die weltweite Wachstumsrate wird mit 25 % angegeben [1]. Die entscheidenden Anwendungsvorteile sind die große Gestaltungsfreiheit bei Profilen und deren abfallfreie Produktion sowie das holzähn-

liche Aussehen. Für das Spritzgießen sind Holzfasern-Kunststoff-Composites bisher noch seltener gebräuchlich, obwohl sie bei richtiger Anwendung eine Reihe von Vorteilen bieten. Die Qualitätsanforderungen bezüglich des Restfeuchtegehalts und der homogenen Mischung sind insbesondere bei der Verarbeitung in Heißkanalwerkzeugen und/oder zu Formteilen mit geringen Wanddicken höher als bei der Profilextrusion [2].

Der Ansatzpunkt einer von der Scandinavian Wood Fiber AB, Orsa/Schweden, in enger Zusammenarbeit mit der Coperion Werner & Pfleiderer GmbH & Co. KG, Stuttgart, betriebenen Entwicklung war es, granulierten Holzfasern-Kunststoff-Composites mit der für das Spritzgießen erforderlichen hohen Qualität herzustellen. Sie wird im Wesentlichen von zwei Einflussgrößen bestimmt,



Bild 1. Holzfasern (links außen), Matrixkunststoff (rechts) und Farb-Masterbatch mit Additiven (links innen) sind die Ausgangsmaterialien für Holzfasern-Kunststoff-Granulate (Mitte)

- von der Aufbereitung der Holzfasern und der Holzart sowie
- von der Prozessführung beim Herstellen der Composites in einem zweiwelligen Schneckenkneteter.

Hochwertige technische Holzfasern . . .

Voraussetzung für die Herstellung von Holzfasern-Kunststoff-Composites mit guten mechanischen Eigenschaften ist eine konstante, hohe Qualität der Holzfasern. Die für Spritzgießgranulate verwendeten Holzfasern sind unter Qualitätsaspekten als technische Fasern einzustufen. Ausgangsmaterial für die Herstellung sind ausgesuchte und kontrollierte grobkörnige Holzspäne, wie sie vor allem beim Hobeln entstehen. Das in relativ großen Mengen anfallende Sägemehl erfüllt die Qualitätsanforderungen nicht.

Die Holzspäne werden in einer Holzmühle zu technischen Holzfasern mit einem möglichst großen Längen:Durchmesser(Aspekt)-Verhältnis gemahlen. Am Ende des Mahlvorgangs durchlaufen die Holzfasern eine Siebstufe, während der sie nach der Faserlänge mit einer vorgegebenen Längenverteilung klassiert werden. Holzfasern für Spritzgießgranulate haben typischerweise Längen zwischen 200 und 400 µm, in Spezialfällen bis 3000 µm.

. . . im Schneckenkneteter zu Composites aufbereiten

Bei der Weiterverarbeitung der Holzfasern zum Composite-Werkstoff ist eine wichtige Randbedingung zu beachten: Bei

	Einschnecken-Extruder	Gegenläufiger Doppelschneckenextruder	Gleichlaufender Doppelschneckenextruder
Fördermechanismus	Schleppströmung	Zwangsförderung Blockströmung	Schleppströmung (Zwangsförderung)
Schneckendrehzahl min ⁻¹	60 bis 250	25 bis 80	160 bis 1200
Viskositätsbereich	klein	groß	groß
Verweilzeit	groß	klein	klein
Wärmeaustausch	+	++	+++
Mischverhalten zerteilend	+	++	++
verteilend	+	+	+++
Selbstreinigung	+	+++	+++
Entgasung	+	++	+++
Druckaufbau	++	+++	+
Flexibilität	+	+	+++

+++: sehr gut, ++: gut, +: befriedigend

Tabelle 1. Charakterisierung unterschiedlicher Compoundiersysteme zum Herstellen von Holzfasern-Kunststoff-Composites [nach 3]

Temperaturen ab 160°C und in Anwesenheit von Sauerstoff kann eine thermooxidative Veränderung der Fasern einsetzen, die zu einer Dunkelfärbung und – bei höherer Temperatur – zu einer mechanischen Schädigung der Fasern führt. Angesichts dieser Restriktion und als Ergebnis einer verfahrenstechnischen Bewertung unterschiedlicher Compoundiersysteme (Tabelle 1) [3] sind die zweiwelligen Schneckenkneteter (Hersteller: Coperion Werner & Pfeiderer) besonders geeignet. Entscheidend dafür sind

- die Möglichkeit, die Energieeinleitung über die Schneckenkonfiguration und die Verfahrensparameter so zu steuern, dass sich zuverlässig eine niedrige Prozessstemperatur einhalten lässt,

- die sehr geringe, nur 10 bis 20 s dauernde Verweilzeit der Holzfasern bei Schmelzetemperatur des Kunststoffes unter Sauerstoffabschluss,
- die sehr gute Misch- und Dispergierwirkung der gleichlaufenden dichtkämmden Doppelschnecken.

Eine systematische Versuchsreihe im Technikum des Maschinenherstellers diente dazu, die günstigste Schneckenkonfiguration und die optimale Verfahrensweise für das Aufbereiten hochwertiger Holzfasern-Kunststoff-Composites zu ermitteln. Durchgeführt wurden die Versuche auf einem zweiwelligen Schneckenkneteter (Typ: ZSK Megavolume) mit 62 mm Schneckendurchmesser und mit unterschiedlichen Schneckenkonfigura-

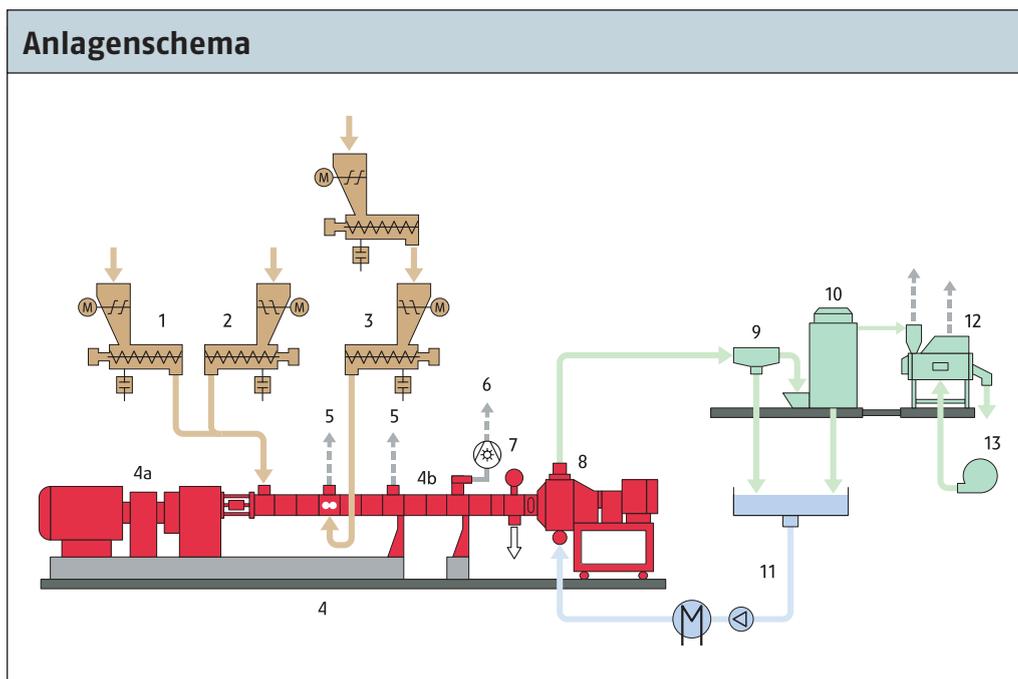
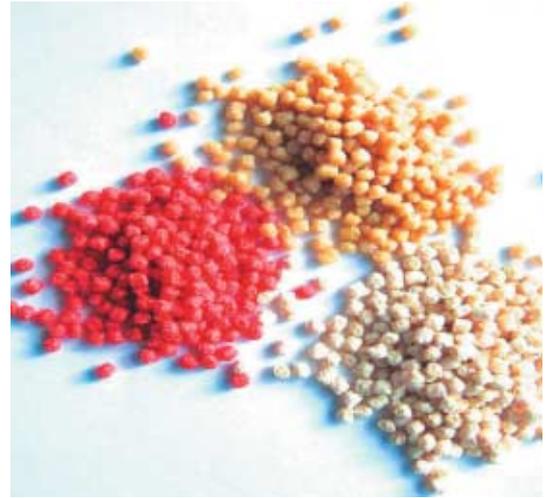


Bild 2. Herstellen von Holzfasern-Kunststoff-Composites mit einem zweiwelligen Schneckenkneteter. 1: Matrixkunststoff, 2: Additive, 3: Holzfasern (Vor- und Hauptdosierung), 4: zweiwelliger Schneckenkneteter ZSK mit 4a: Antrieb und 4b: Verfahrensteil, 5: Entlüftung, 6: Vakuum-Entgasung, 7: Anfahrventil, 8: Granulierung, 9: Wasser-Vorabscheider, 10: Zentrifugaltrockner, 11: Granulierwasser-Rücklauf (Tank, Pumpe, Wärmetauscher), 12: Granulat-trockner, 13: zur Granulat-Absackung

Bild 3. Qualitativ hochwertiges Holzfaserkunststoff-Granulat (links: im Zyklon, rechts: Granulat in verschiedenen Einfärbungen) ergibt beim Spritzgießen schlierenfreie Formteile mit hoher Oberflächenqualität



tionen (Titelbild). Dieser Schneckenknetter hat besonders tief geschnittene Schnecken mit einem Durchmesser Verhältnis von $D_a : D_i = 1,8$ und besitzt dadurch ein um 40 % größeres freies Volumen als der Schneckenknetter Typ ZSK Megacomounder. Daher ist er für die voluminösen Holzfasern mit einer sehr niedrigen Schüttdichte von nur $0,15 \text{ kg/dm}^3$ besonders gut geeignet. Die Versuche haben gezeigt, dass die in Bild 2 dargestellte Anlage mit der nachfolgend beschriebenen Arbeitsweise eine faserschonende Aufbereitung zu hochwertigen Spritzgießcomposites ergibt.

Der Basiskunststoff, meist Polypropylen (PP), aber auch Polyethylen hoher Dichte (PE-HD), wird gemeinsam mit den je nach Rezeptur und Anwendung erforderlichen Additiven – z. B. Haftvermittler, UV-Stabilisator, je nach Anforderungen auch Farbmittel, antibakterielle Ausrüstung oder Flammschutzmittel – über gravimetrische Dosierungen dem ersten Gehäuse des Schneckenknetters zugeführt und in einer ersten Prozesszone aufgeschmolzen. Anschließend werden die Holzfasern, deren Restfeuchte je nach Rezeptur 3 bis 6 Gew.-% betragen darf, mit Hilfe einer gravimetrischen Dosierung und einer Seiteneinspeisung faserschonend direkt in die Schmelze gegeben. Die mit den Holzfasern eingezogene Luft kann großenteils über eine Rückwärtsgasung im Verfahrensteil entweichen.

In der zweiten Prozesszone werden die Holzfasern homogen in der Schmelze verteilt, so dass jede Einzelfaser vollständig von der Kunststoffschmelze benetzt ist. Eine anschließende Vakuumentgasung über eine Länge von 4 D dient dazu, die restliche Feuchtigkeit sowie alle weiteren flüchtigen Bestandteile abzu ziehen. Danach folgt eine Zone, die den Druck für das Granulieren aufbaut. We-

gen der speziellen Anforderungen beim Granulieren von Holzfaserkunststoff-Composites wird als Ergebnis der Technikumsversuche eine weiterentwickelte Granulierung von Coperion Werner & Pfleiderer eingesetzt. Das damit erzeugte, sehr einheitliche zylindrische Granulat (Bild 3) lässt sich auf handelsüblichen Spritzgießmaschinen problemlos verarbeiten und ergibt saubere, schlierenfreie Formteile.

Mit der im Technikum aufgebauten kompletten Pilotanlage lassen sich die

Werkstoffeigenschaften gezielt optimieren. Ferner kann an den dort in technischem Maßstab herstellbaren Mustermengen die Eignung des Werkstoffs für die vorgesehenen Anwendungen überprüft werden. Interessenten können somit schon frühzeitig Vertrauen in den neuartigen Werkstoff und in die Verfahrenstechnik zu seiner Herstellung gewinnen.

Eine gemäß dem geschilderten Konzept aufgebaute Anlage mit einem Schneckenknetter mit 76 mm Schneckendurchmesser wurde vom Maschinenher-



Bild 4. Ein zweiwelliger Schneckenknetter mit 76 mm Schneckendurchmesser zur Produktion von bis zu 1000 kg/h Holzfaserkunststoff-Composites

steller Ende 2003 an die Scandinavian Wood Fiber geliefert (Bild 4). Die Anlage kann mit PP oder PE-HD als Matrixmaterialien Composites mit 40 bis 70 Gew.-% Holzfasern herstellen. Sie ist für einen Durchsatz bis 1000 kg/h ausgelegt. Die produzierten Holzfaser-Kunststoff-Composites werden von Scandinavian Wood Fiber zum Teil selbst zu Spritzgussteilen verarbeitet und zum Teil verkauft.

Eigenschaften von Holzfaser-Kunststoff-Composites

Wie bei allen faserverstärkten Kunststoffen steigen im Vergleich zu den unverstärkten Basismaterialien Festigkeit, Steifigkeit und Wärmeformbeständigkeit an und die Dehnung verringert sich. Allerdings ist diese Abnahme aufgrund der natürlichen Elastizität der Holzfasern geringer als bei mineralischen Füll- und

Vorteile von Holzfaser-Kunststoff-Composites

Der Einsatz von Holzfaser-Kunststoff-Composites eröffnet dem Verarbeiter in vielen Anwendungen ein erhebliches Einsparpotenzial bei den Kosten – und das bei gleich guten, in manchen Punkten sogar verbesserten Formteileigenschaften. Ein genauer Wert lässt sich – wie stets – nur für einen konkreten Anwendungsfall und durch Vergleich mit anderen Werkstoffen, z. B. ungefüllten oder mineralgefüllten Kunststoffen, ermitteln. Einfluss auf die Werkstoffentscheidung haben auch die mechanischen und optischen Anforderungen an das Bauteil.

Unabhängig von der Einzelfallanalyse setzt sich das Einsparpotenzial aus den niedrigen Materialkosten und der kostengünstigen Verarbeitung der Composite-Granulate zusammen. Trotz des aufwändigen Mahlvorgangs liegt der Kilo-

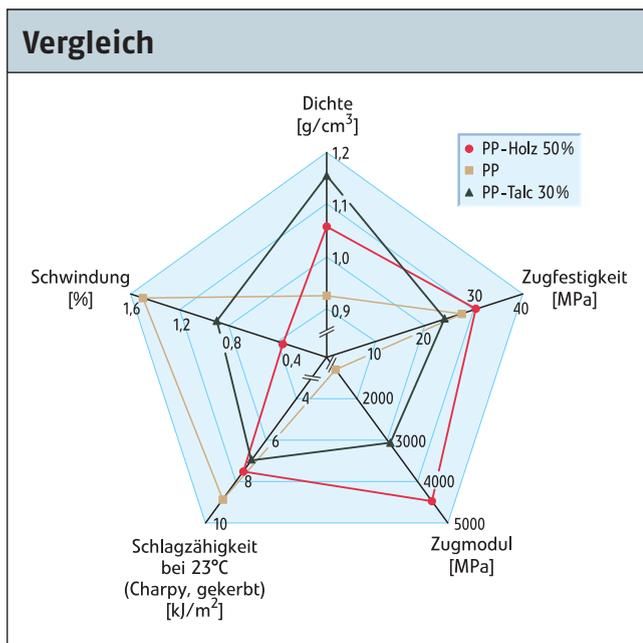


Bild 5. Eigenschaften von Holzfaser-Kunststoff-Composites mit Polypropylen als Matrixmaterial im Vergleich mit unverstärktem und mit talkumverstärktem Polypropylen

Verstärkungsmitteln. Das charakteristische Eigenschaftsprofil eines Holzfaser-Kunststoff-Composites mit PP als Matrixmaterial ist in Bild 5 im Vergleich zu unverstärktem und zu talkumverstärktem PP dargestellt.

Neben Fasergehalt und -geometrie hat auch die Holzart Einfluss auf die Composite-Eigenschaften. So ergeben harte Hölzer meist bessere mechanische Eigenschaften, z. B. höheren Modul und höhere Steifigkeit. Sie führen aber generell zu einer dunkleren Composite-Eigenfarbe, auch wenn es sich um eine helle Holzart wie beispielsweise Buche handelt.

preis der Holzfasern erheblich unter dem Kilopreis der Matrixkunststoffe. Im Vergleich mit anderen Verstärkungsmitteln wirkt sich die niedrige Dichte der Holzfasern zusätzlich kostensenkend aus. Daher zeichnen sich Holzfaser-Kunststoff-Composites durch einen äußerst günstigen Volumenpreis aus.

Bei den Verarbeitungskosten spielt die Zykluszeit und damit die Ausbringung eine entscheidende Rolle. Da im Composite-Werkstoff nur der Kunststoffanteil kristallisiert, muss die Werkzeugkühlung eine wesentlich geringere Wärmemenge abführen als bei einem unverstärkten ►



Bild 6. Beispiel für Produkte aus Holzfaserverstärktem Kunststoff-Composites; oben: Möbelteile (Tischbein, Armlehne, Kappe), unten: Kleinteile

Kunststoff. Außerdem weist ein Composite-Formteil bereits bei höherer Temperatur die für das Entformen erforderliche Festigkeit und Oberflächenhärte auf. Wie Untersuchungen eines Herstellers von Spritzgießmaschinen [4] in Übereinstimmung mit eigenen Erfahrungen von Scandinavian Wood Fiber gezeigt haben, lässt sich bei Holzfaserverstärktem Kunststoff im Vergleich zum ungefüllten Kunststoff die Nachdruck- und Kühlzeit um bis zu 40 % verringern. Daraus ergibt sich eine bis zu 20 % kürzere Zykluszeit [4], also ein entsprechend erhöhter Ausstoß – nach den Spritzgieß-Erfahrungen von Scandinavian Wood Fiber lässt sich die Zykluszeit sogar um 35 bis 50 % verringern.

Schließlich bieten Holzfaserverstärktem Kunststoff-Composites auch ökologische Vorteile: sie bestehen überwiegend aus nachwachsenden Rohstoffen, und sie sind recycelbar.

Bearbeitbar wie Holz

Holzfaserverstärktem Kunststoff-Composites lassen sich in vielen Anwendungen ähnlich wie Holz einsetzen und sie ergeben Formteile mit holzähnlichem Aussehen und mit der charakteristischen Farbe von Holz (Bild 6). Durch Einfärben lassen sich Effekte erzielen, die denen von far-

big gebeiztem Holz entsprechen. Dabei bieten Holzfaserverstärktem Kunststoff-Composites den Vorteil, dass auch Teile mit komplizierter Geometrie durch Urformen herstellbar sind, also in einem Arbeitsschritt ohne aufwändige Nach- oder Montagearbeit und ohne Materialverschchnitt oder -abfall. Für den Einsatz von Holzfaserverstärktem Kunststoff hat Scandinavian Wood Fiber seit kurzem eine Entwicklungskooperation mit einem europaweit tätigen schwedischen Möbelhaus.

Vor allem beim Einsatz im Möbelsektor oder im Bauwesen kommt ein weiterer Vorteil hinzu: Holzfaserverstärktem Kunststoff-Formteile lassen sich wie Holz und mit denselben Werkzeugen durch Sägen, Bohren und Schrauben weiterverarbeiten und zusammenbauen. Auch im Gebrauch treten keine Probleme auf, weil die Wärmedehnung des Composites mit der von Holz übereinstimmt, die Verzugneigung geringer als bei unverstärkten Kunststoffen und die Stabilität höher ist.

Daneben eröffnen sich in zahlreichen anderen Gebieten Anwendungsmöglichkeiten für Holzfaserverstärktem Kunststoff-Formteile. So verwendet die Kfz-Industrie zur Fahrzeug-Innenausstattung Werkstoffe mit einem mehr oder we-

niger hohen Anteil von Holzmehl, Holzfasern oder anderen Naturfasern. In solchen Fällen können es Holzfaserverstärktem Kunststoff-Granulate mit gezielt eingestelltem Fasergehalt ermöglichen, die Kosten zu senken. Zusätzlich eröffnen sich durch die guten mechanischen Eigenschaften neue, mit einer Gewichtsreduzierung verbundene Anwendungsgebiete bei Strukturteilen. ■

LITERATUR

- 1 Kaczmarek, D.; Wortberg, J.: Holz aus dem Extruder. *Kunststoffe* 93 (2003) 2, S. 18 – 23
- 2 Eberhardt, D.: Naturfaserverstärkte Kunststoffe. *Extrusion* 9 (2003) 5, S. 36 – 37
- 3 Berghaus, U.: Direktextrusion mit gleichläufigen Doppelschneckenextrudern. In: VDI-K (Hrsg.): *Der Doppelschneckenextruder – Grundlagen und Anwendungsgebiete*, 4. Aufl. VDI-Verlag, Düsseldorf 1998
- 4 „Gut Holz“ für Kunststoff. *K-Zeitung* 17 (4. September 2003), S. 25

DIE AUTOREN

HANS FRISK, geb. 1960, ist als Technischer Manager bei der Scandinavian Wood Fiber AB, Orsa/Schweden, verantwortlich für die technische Kundenberatung.

DIPL.-ING. DANIEL SCHWENDEMANN, geb. 1969, ist bei der Coperion Werner & Pfeleiderer GmbH & Co. KG, Stuttgart, Leiter der Arbeitsgruppe „Vertrieb und Projekte langfaserverstärkte Kunststoffe“; daniel.schwendemann@coperion.com

SUMMARY PLAST EUROPE

COMPOUNDING WOOD FIBRES WITH PLASTIC

INJECTION MOULDING. *Wood fibre/plastic compounds are innovative materials for injection moulding. The basic material – usually polypropylene – is compounded with high-grade wood fibres on a twin-screw compounder to produce the injection-mouldable granules. The most favourable configuration of the deep-flighted screws and the optimum processing conditions were established at the machine manufacturer's pilot plant. The fields of application for these composites range from the furniture and construction industries to the vehicle segment. A Swedish specialist company is involved in the entire production chain, from the processing of the wood fibres right the way through to the injection-moulded part.*

NOTE: You can read the complete article by entering the document number **PE102862** on our website at www.kunststoffe.de/pe