

# Die Fließfront darf nicht brechen

## Gesteigerte Prozesssicherheit bei der Verarbeitung von WPC durch Sandwich-Spritzgießen

Spritzgießer stehen bei der Verarbeitung von hochgefüllten Wood-Plastic-Composites (WPC) vor unterschiedlichen Herausforderungen. Füllgehalte oberhalb eines Massenanteils von 40 % führen zu Freistrahlbildung und Bindenähten, die wiederum mechanische Schwachstellen im Bauteil erzeugen. Das Sandwich-Spritzgießen bietet eine gute Alternative, um diese Fließanomalien zu vermeiden.

**W**ood-Plastic-Composites (WPC, Holz-Kunststoff-Verbundwerkstoffe) bestehen aus einer thermoplastischen Matrix, Holzfasern sowie Additiven und erfreuen sich mit einer prognostizierten weltweiten Produktionsmenge von 7,7 Mio. Tonnen für das Jahr 2022 einer steigenden Beliebtheit [1]. Die Kombination beider Komponenten resultiert in einer höheren Steifigkeit und einer geringeren Wärmeausdehnung gegenüber reinem Kunststoff sowie einer größeren dreidimensionalen Gestaltungsfreiheit und

geringeren Wasseraufnahme gegenüber reinem Holz. Gleichzeitig bedient die Holzkomponente die heute geforderten Nachhaltigkeitsaspekte. WPC sind in unterschiedlichen Varianten verfügbar, die sich neben dem Matrixpolymer vor allem in der Konzentration, Art und Größe der Holzpartikel unterscheiden.

Das Fließ- und Formfüllverhalten stellt beim Spritzgießen dieser Werkstoffgruppe eine große Herausforderung dar. Während sich bei Holzgehalten bis 30 % noch annähernd eine Quellströmung ausbil-

det, beginnt die Schmelzefront mit steigender Holzkonzentration an unvorhersagbaren Stellen aufzubrechen und wirkt ausgefranst sowie spröde. Im Extremfall führen diese Ausbrüche zu Schmelzestrahlen, die sich zufällig in der Kavität ausrichten [2].

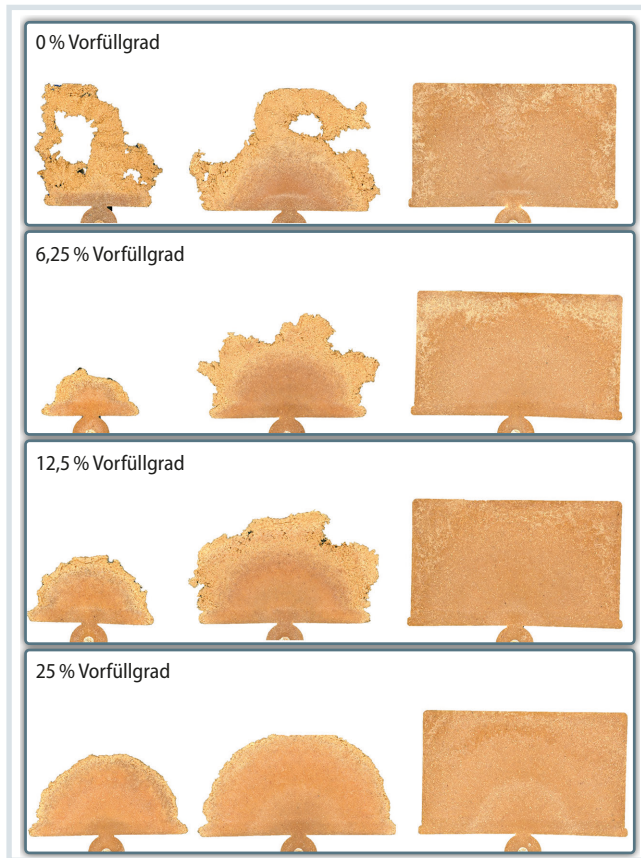
### Möglichkeiten zur Vermeidung der Fließanomalien

Die Ausbruchsstelle hängt von unterschiedlichen lokalen Bedingungen wie dem Holzgehalt und der Druckverteilung in der Schmelzefront ab, die sich nicht vorhersagen lassen. Im weiteren Verlauf der Kavitätsfüllung umströmt die nachkommende Schmelze den entstandenen Freistrah. Niedrige Temperaturen an der Fließfront sowie die Orientierung der Partikel sorgen für Bindenähte an den Kontaktstellen, die ausgeprägte mechanische Schwachstellen darstellen.

Für die Fließanomalien werden unterschiedliche Ursachen vermutet. Einerseits sollen Entmischungsvorgänge zu Anhäufungen von Holzpartikeln und dadurch zu partiellem Wandgleiten führen [3]. Andererseits wird eine geringe Schmelzeelastizität durch die holzfaserinduzierte hohe Viskosität genannt. Hohe Holzgehalte führen zu einer ausgeprägten Faser-Faser-Interaktion, bilden eine Fließgrenze aus, die eine Pfropfströmung bedingt, und neigen zum Wandgleiten [4]. Die vorherrschenden Fließanomalien



WPC in Granulatform, Freistrahlbildung durch konventionelles Spritzgießen und optimiertes Füllverhalten durch Sandwichtechnik (von links oben im Uhrzeigersinn) © KTP



**Bild 1.** Füllstudien für unterschiedliche Vorfüllgrade der Kavität mit WPC mit 30% Holzgehalt als Hautmaterial und WPC mit 50% Holzgehalt als Kernmaterial © KTP

Formfüllverhalten beeinflusst. Der Vorfüllgrad beschreibt das Verhältnis aus dem in der ersten Phase eingespritzten Volumen an Hautmaterial und dem Kavitätsvolumen. Zur Untersuchung des Formfüllverhaltens wurden Platten (140 x 70 x 4 mm) im Spritzgießverfahren hergestellt. Füllstudien zeigen das unterschiedliche Formfüllverhalten, und durch eine taktile Oberflächenrauheitsmessung wird die Oberflächenqualität der hergestellten Proben bestimmt.

Die Untersuchungen wurden an einer Spritzgießmaschine (Typ: K155 2F; Hersteller: Ferromatik Milacron) mit einem vor das Werkzeug geschalteten Sandwichkopf durchgeführt. Das WPC wurde vom Projektpartner (SKZ – Das Kunststoff-Zentrum) compounding und für die Untersuchungen bereitgestellt. Als Matrixmaterial wurde ein Polypropylen (PP, Typ: BH348MO; Hersteller: Borealis) verwendet, das mit Holzpartikeln (Typ: C400; Hersteller: J. Rettenmaier & Söhne) kombiniert wurde (**Tabelle 1**). 2% Haftvermittler (Typ: Scona TPPP 8112 FA; Hersteller: BYK-Chemie) sorgen für eine ausreichende Verbindung zwischen polarer Holzfaser und unpolarem PP. Um eine Restfeuchte kleiner als 0,1% zu erreichen, wird das Compound für mindestens sechs Stunden bei 80°C vorgetrocknet.

Lediglich die Umschaltpunkte für Haut und Kernmaterial wurden variiert, um entsprechende Vorfüllgrade zu realisieren (**Tabelle 2**). Die restlichen Verfahrensparameter wurden mit einer Masstemperatur von 190°C, einem Einspritzvolumenstrom von 50 cm<sup>3</sup>/s und einem Nachdruck von 350 bar für 15 s konstant gehalten.

### Einfluss des Vorfüllgrads auf den Prozess

Exemplarisch wurden Füllstudien für eine Plattengeometrie mit unterschiedlichen Vorfüllgraden der Kavität mit dem besser fließenden Hautmaterial (WPC mit 30% Holz) gefertigt (**Bild 1**). Ohne den Einsatz von vorausweisendem Hautmaterial (0% Vorfüllgrad) ist eine sehr spröde Fließfront zu erkennen, aus der ein Freistrah ausgebrochen ist. Im weiteren Verlauf der Füllung entstehen Bindenähte im angussfernen Bereich. Bereits bei geringen Mengen WPC mit 30% Holzgehalt als Hautmaterial lässt sich eine anfängliche Freistrahbildung vollständig verhindern. ➤

können in einer Füllbildsimulation zum aktuellen Zeitpunkt noch nicht abgebildet werden [5].

### Widerstand gegen Freistrahbildung

Beim Füllen einer Plattengeometrie bildet sich meist ein Freistrah. Sobald dieser die Kavitätswand erreicht, also einen gewissen Widerstand erfährt, fließt die restliche Schmelze annähernd im Quellfluss nach (**Bild 1 oben**). Folglich begünstigen Fließhindernisse in Angussnähe ein positives Füllbild. Da Fließhindernisse abhängig von der Bauteilgeometrie nicht immer reali-

sierbar sind, bietet das Sandwich-Spritzgießen eine verfahrenstechnische Lösung. Ein voreingespritztes Hautmaterial mit vorhandener Quellströmung bietet dem nachkommenden hochgefüllten WPC das ausreichende Maß an Widerstand, damit dieses keinen Freistrah ausbilden kann.

### Hautmaterial beeinflusst Formfüllverhalten

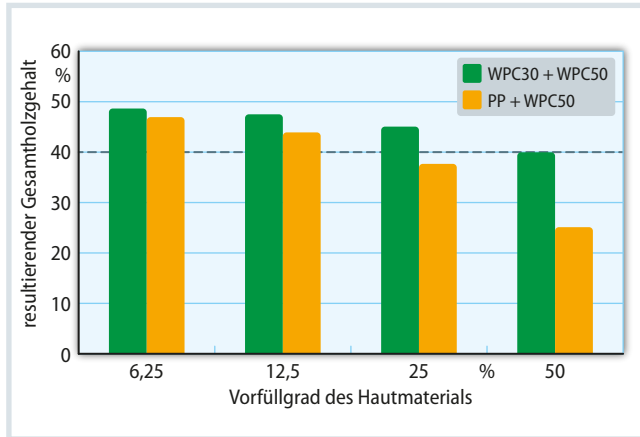
An der Kunststofftechnik Paderborn (KTP) wurde untersucht, wie das Hautmaterial abhängig vom Vorfüllgrad der Kavität das

Bezeichnung	Matrixmaterial	Holzgehalt [%]	Partikelgröße [µm]	Verwendung
PP	Polypropylen	–	–	Haut
WPC30	Polypropylen	30	250 – 600	Haut
WPC50	Polypropylen	50	250 – 600	Kern

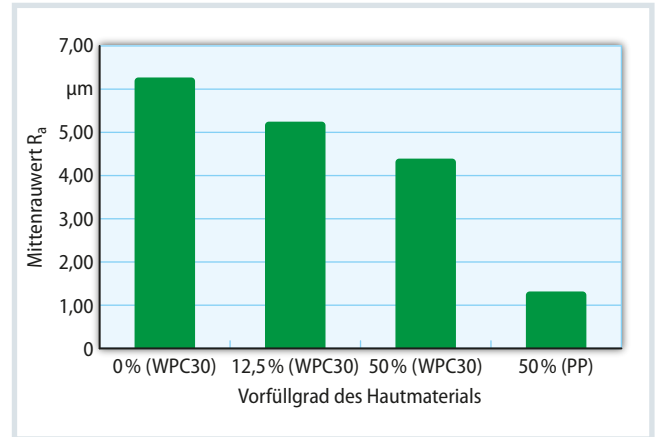
**Tabelle 1.** Zusammensetzung der untersuchten Materialien Quelle: KTP

Einspritzvolumen Haut [cm <sup>3</sup> ]	0	5	10	20	40
Vorfüllgrad der Kavität [%]	0	6,25	12,5	25	50

**Tabelle 2.** Einspritzvolumina des Hautmaterials und resultierende Vorfüllgrade der Kavität mit einem Gesamtvolumen von 80 cm<sup>3</sup> Quelle: KTP



**Bild 2.** Resultierende Gesamtholzgehalte unter Verwendung eines Kernmaterials (WPC mit 50% Holzgehalt) und entsprechender Hautmaterialien (WPC mit 30% Holzgehalt oder PP) in Abhängigkeit unterschiedlicher Vorfüllgrade Quelle: KTP; Grafik: © Hanser



**Bild 3.** Mittenrauwerte  $R_a$  für unterschiedliche Vorfüllgrade der Kavität mit entsprechenden Hautmaterialien (WPC mit 30% Holzfasern und Polypropylen). Als Kernmaterial wurde ein WPC mit 50% Holzfasern verwendet Quelle: KTP; Grafik: © Hanser

Da bei einem Vorfüllgrad von lediglich 6,25% das Kernmaterial nach kurzer Zeit die Fließfront erreicht, wirkt diese bei halber Füllung der Kavität immer noch spröde und ausgefranst, wobei eine anfängliche Freistrahlförmung vollständig vermieden wird. Soll die Fließfront während der gesamten Formfüllung weder einen spröden noch ausgefranzten Zustand einnehmen, ist dies durch die Erhöhung des Vorfüllgrads zu erreichen. Dadurch wird jedoch auch der resultierende Gesamtholzgehalt reduziert.

### *Oberflächenrauheit verringert sich durch das Sandwichverfahren*

Um das Potenzial holzfaserverstärkter Kunststoffbauteile voll auszuschöpfen, sollte ein möglichst hoher Holzgehalt erzielt werden. Durch die weniger stark gefüllte Hautkomponente sinkt der resultierende Holzgehalt im Bauteil in Abhängigkeit des Vorfüllgrads (Bild 2). Da bereits geringe Vorfüllgrade das Formfüllverhalten signifikant verbessern, kann der Gesamtholzgehalt jedoch über einer Grenze von 40% gehalten werden.

Abhängig von der spezifischen Materialzusammensetzung ist die Freistrahlförmung unterhalb dieses Holzgehalts weniger stark ausgebildet, sodass auch das konventionelle Spritzgießen mit nur einer Komponente und einem insgesamt niedrigeren Holzgehalt geeignet wäre. Wird ungefülltes Polypropylen als Hautmaterial eingesetzt, ergeben sich naturgemäß insgesamt geringere Holzgehalte.

Außer dass sich durch Freistrahlen erzeugte Bindenähte vermeiden lassen, bietet das Sandwich-Spritzgießen weitere verfahrensbedingte Vorteile. Durch das Einbringen einer Hautkomponente, die je nach Vorfüllgrad teilweise oder auch vollständig an der Oberfläche des gefertigten Bauteils vorliegt, wird die Oberflächenrauheit reduziert (Bild 3). Der höhere Kunststoffanteil glättet die Randschicht des Bauteils. Gemessen wurde die Linienrauheit vom Angusspunkt senkrecht bis zum Plattenende. Wird statt WPC mit 30% Holzgehalt reines Polypropylen als Hautmaterial verwendet, kann man die Rauheit unter Inkaufnahme eines geringeren resultierenden Gesamtholzgehalts weiter verringern.

### *Fazit*

Beim Spritzgießen von hochgefüllten Wood-Plastic-Composites (WPC) stellen die auftretenden Fließanomalien in Form von Freistrahlförmung die Verarbeiter vor Probleme. Das Sandwich-Spritzgießen bietet eine Möglichkeit, dieses Phänomen zu unterdrücken. Voreingespritztes, gut fließendes Hautmaterial sorgt bereits bei geringen Vorfüllgraden der Kavität für einen Fließwiderstand, der ein Aufbrechen des hochgefüllten Kernmaterials verhindert. Als Hautmaterial können unterschiedliche kompatible Kunststoffe verwendet werden, wobei die Verwendung von WPC mit 30% Holzgehalt einen hohen resultierenden Gesamtholzgehalt und eine Oberfläche geringerer Rauheit gewährleistet. ■

## Die Autoren

**Felix Flachmann, M.Sc.** arbeitet seit 2019 als wissenschaftlicher Mitarbeiter bei der Kunststofftechnik Paderborn (KTP) an der Universität Paderborn;  
felix.flachmann@ktp.upb.de

**Prof. Dr.-Ing. Elmar Moritzer** ist seit 2008 Inhaber des Lehrstuhls für Kunststofftechnologie und Leiter der KTP an der Universität Paderborn;  
elmar.moritzer@ktp.upb.de

### Dank

Dieses Forschungsvorhaben wurde im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF-Nr. 20365 N) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF) e.V. aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

## Service

### Literatur & Digitalversion

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