

Die Nachhaltigkeit steckt im Detail

Biobasierte Füllstoffe für Sheet-Molding-Compound-Anwendungen

In duroplastischen Sheet-Molding-Compound-Halbzeugen kann durch die Substitution etablierter Füllstoffe wie beispielsweise Calciumcarbonat durch biobasierte Füllstoffe die Dichte der Harzpaste um bis zu 22 % reduziert werden – bei gleichen mechanischen Eigenschaften. Dies wurde an Füllstoffen überprüft, die als Nebenprodukt bei der Pflanzenöl- und Holzgewinnung anfallen.

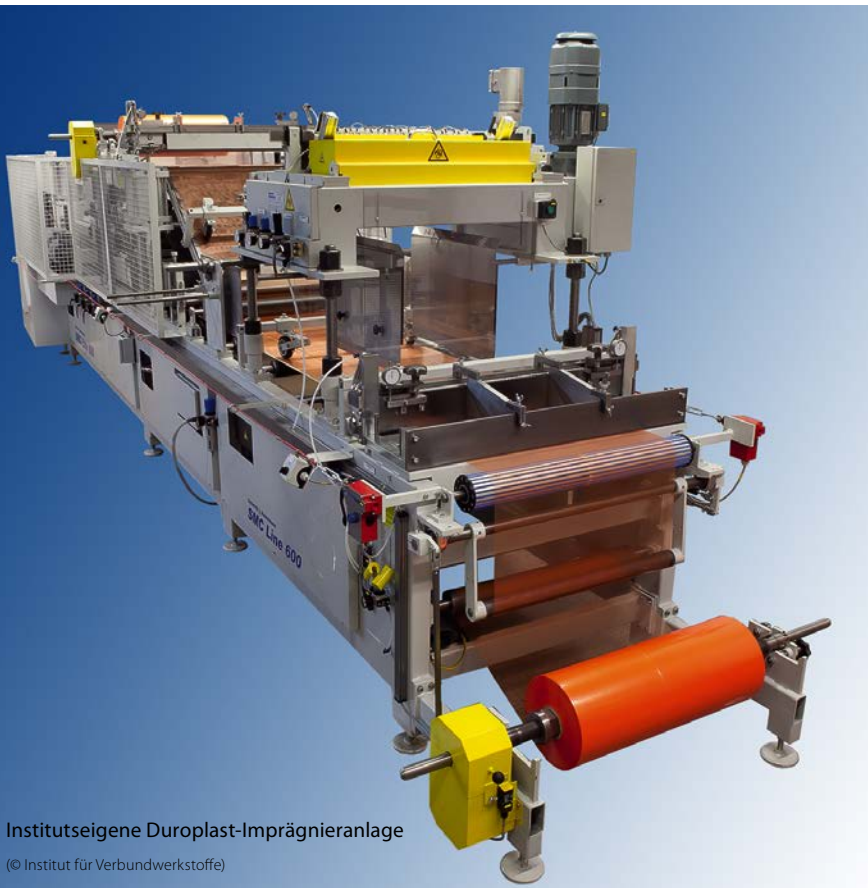
In der Verarbeitung von glasfaserverstärkten Faser-Kunststoff-Verbunden besitzt das Sheet Molding Compound (SMC) einen hohen Stellenwert. Dies liegt darin begründet, dass etwa 25 % aller in Europa hergestellten Glasfasern in SMC- und artverwandten Bulk Molding Compound (BMC)-Verfahren verarbeitet werden [1]. In der Regel besteht ein SMC aus einem duroplastischen Harzsystem, meist basierend auf ungesättigten Polyesterharzen,

Glasfasern und diversen Füllstoffen. Das SMC weist mechanische Eigenschaften auf, die u. a. den Einsatz bei Bauteilen im semi-strukturellen Bereich erlauben. Durch eine Variation von Füllstoffen und Additiven in der Grundrezeptur ist es möglich, das Material so zu gestalten, dass es die gleiche Wärmeausdehnung wie Stahl besitzt und Bauteiloberflächen mit Class-A-Güte hergestellt werden können. Weitere Vorteile des Werkstoffs sind beispielsweise

der günstige Halbzeug-Preis und die Möglichkeit der Großserienfertigung. Aus diesen Gründen hat sich der Werkstoff in den letzten Jahrzehnten sowohl im Automobil- und Nutzfahrzeugbereich wie auch für elektrotechnische Anwendungen, zum Beispiel bei Schaltschränken und Lampengehäusen, etabliert.

SMC-Verarbeitung durch Fließpressen

Üblicherweise wird SMC durch Fließpressverfahren auf parallelgeregelten hydraulischen Pressen in Tauchkantwerkzeugen zu flächigen und teilweise komplexen Bauteilen verarbeitet. Bei der Serienproduktion wird das flächige SMC-Halbzeug nach der Reifezeit mit CNC-gesteuerten Schneidanlagen auf das benötigte Maß zugeschnitten (SMC-Sheet) und zu Paketen gestapelt. Diese werden an zuvor genau definierten Positionen in das etwa 130–160 °C heiße Presswerkzeug eingelegt, wobei die Werkzeugbelegung zu Beginn des Pressvorgangs etwa 50–70 % beträgt. Beim Schließen des Werkzeugs und dem gleichzeitigen Kompaktieren des SMC-Pakets bewirkt die Temperatur des Presswerkzeugs eine Absenkung der SMC-Halbzeug-Viskosität. Die niedrige Viskosität erhöht die Fließfähigkeit des SMC und ermöglicht so die vollständige Füllung der Werkzeugkavität. Dies geschieht bei Werkzeuginnendrücken von 80–120 bar [2]. Die geschnittenen Kurzfasern, die meist 0,5 bis 2,0 Zoll (ca. 1,5 bis 5,0 cm) lang sind, werden von der fließenden, hochgefüllten SMC-Harzpaste transportiert und in der kompletten, teils auch sehr komplexen Kavität verteilt. Die



Institutseigene Duroplast-Imprägnieranlage

(© Institut für Verbundwerkstoffe)

hohe Werkzeugtemperatur setzt die chemische Aushärtereaktion des Harzes in Gang und aktiviert die thermoplastische Schrumpfkompensation [2]. Nachdem das Bauteil ausgehärtet ist, kann es aus dem Werkzeug entnommen und nachbearbeitet werden.

Industriell verfügbare Beiprodukte aus Holz- und Nahrungsmittelindustrie

Ein SMC-Halbzeug besteht im Wesentlichen aus einem duroplastischen Harzsystem, einer großen Anzahl von Prozessadditiven, Verstärkungsfasern – meist Glasfasern mit einer Länge von etwa 15 bis 50 mm – und verschiedenen funktionellen Füllstoffen (Bild 1). Hierbei ist das duroplastische Harzsystem hauptsächlich für die mechanischen Eigenschaften und die Chemikalienbeständigkeit verantwortlich. Das thermoplastische Additiv dient der Schrumpfkompensation und der positiven Beeinflussung der Oberflächenbeschaffenheit. Interne Trennmittel ermöglichen die Entformbarkeit des Materials aus den Presswerkzeugen, Initiatoren und Inhibitoren verbessern die Lagerstabilität und den Härteverlauf des Halbzeugs. Mineralische Füllstoffe kommen aufgrund der Kosten- und Schwindungsreduktion, des Flammenschutzes und ebenfalls der Chemikalienbeständigkeit zum Einsatz. Die Verstärkungsfasern sind hauptsächlich für die mechanischen Eigenschaften und die Schrumpfkompensation verantwortlich [2, 3].

Die mineralischen Füllstoffe können in die Gruppen der funktionellen (z.B. Aluminiumhydroxid $\text{Al}(\text{OH})_3$ als Flamm- schutzmittel) und nicht funktionellen Füllstoffe untergliedert werden. Ein typischer Vertreter nicht funktioneller Füllstoffe ist Calciumcarbonat (CaCO_3).

Im Rahmen einer Forschungsarbeit am Institut für Verbundwerkstoffe wurde die Verwendung von nachwachsenden und biobasierten Füllstoffen anstelle der

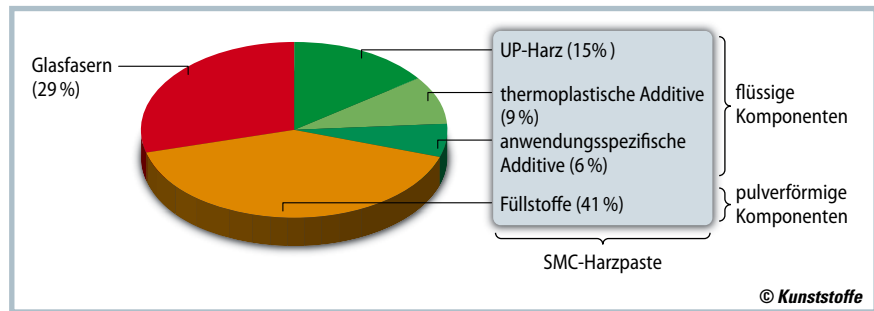


Bild 1. Zusammensetzung einer typischen SMC-Formulierung (Quelle: Institut für Verbundwerkstoffe)

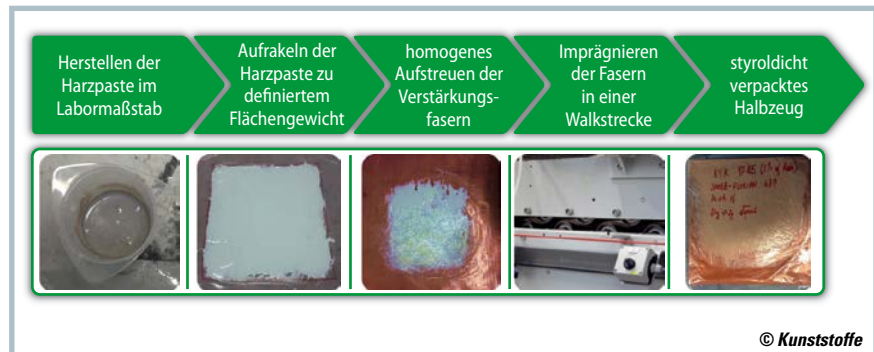


Bild 2. Herstellung der Sheet Molding Compounds mit biobasierten Füllstoffen im Labormaßstab

(Quelle: Institut für Verbundwerkstoffe)

konventionellen nicht funktionellen Füllstoffe in SMC-Halbzeugen untersucht. Hierbei wurde darauf geachtet, dass die betrachteten Füllstoffe nicht in Konkurrenz zur Nahrungsmittelindustrie stehen und im industriellen Maßstab verfügbar sind. Als biobasierte Füllstoffe wurden folgende Beiprodukte aus der Holz- und Nahrungsmittelindustrie gewählt: verschiedene Sorten von Holzmehl aus Hart- und Weichhölzern, Sonnenblumenschalenmehl und Rapsschrot. Die jeweilige Dichte dieser Materialien liegt im Bereich von ca. $1,0\text{--}1,2\text{ g/cm}^3$. Die Dichte der konventionellen Füllstoffe $\text{Al}(\text{OH})_3$ und CaCO_3 hingegen liegt bei $2,4\text{ g/cm}^3$ [4] bzw. $2,71\text{ g/cm}^3$ [5].

Innerhalb dieser Arbeit sollte die Verarbeitbarkeit von biobasierten Füllstoffen in duroplastischen Halbzeugen nachgewiesen werden. Hierzu variierte in ver-

schiedenen Messreihen Art und Anteil der biobasierten Füllstoffe. Die Verarbeitbarkeit der dabei entstehenden Harzpasten wurde in einem konventionellen SMC-Prozess untersucht. Die Rezeptur der Harzpaste musste hierbei angepasst werden, um eine Verarbeitungviskosität, die bei einer industriellen Verarbeitung im Bereich von $15\text{--}30\text{ Pa}\cdot\text{s}$ liegt, aufweisen zu können. Weiterhin musste die Harzpaste die Verstärkungsfasern mit einer Schnittlänge von einem Zoll (bei den vorliegenden Versuchen Glasfasern des Herstellers Owens Corning, Typ 204, 2400 tex) imprägnieren und den Fasertransport während eines konventionellen Fließpressprozesses gewährleisten. Während der presstechnischen Verarbeitung durften keine Separation der Fasern und der Harzpaste sowie Schädigung der biobasierten Füllstoffe auftreten. »

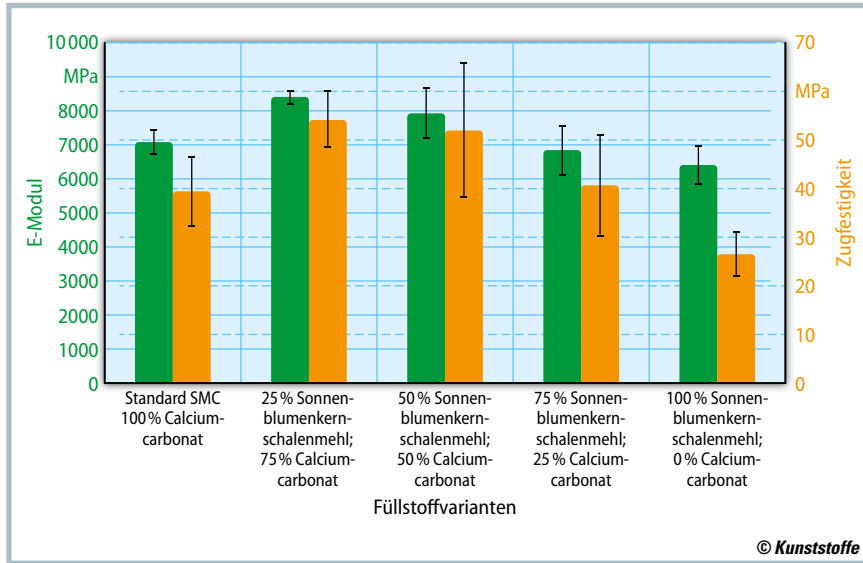


Bild 3. Einfluss des biobasierten Füllstoffanteils auf den E-Modul und die Zugfestigkeit im Zugversuch nach DIN EN ISO 527-2 IBA 75x5 (Quelle: Institut für Verbundwerkstoffe)

Herstellung und Verarbeitung der Harzpasten im Labormaßstab

Bild 2 zeigt das prinzipielle Vorgehen bei der Herstellung von Harzpastenansätzen im Labormaßstab. Um die biobasierten und hydrophilen Füllstoffe verarbeiten zu können, wurde die verwendete Rezeptur, ähnlich der Rezeptur in **Bild 1**, angepasst und eine entsprechende Verarbeitungsviskosität von etwa 20 Pa·s ermöglicht. Im Labormaßstab wurden mithilfe eines IKA-Rührwerks (Typ: RW16 basic, Hersteller: IKA-Werke, Staufen) Masterbatch-Ansätze zu je 1000 ml hergestellt. In verschiedenen Versuchsreihen wurden die konventionellen, nicht funktionellen Füllstoffe durch die biobasierten Füllstoffe in 25%-Schritten ersetzt. Die hergestellte Harzpaste wurde händisch auf einer styroldichten Trägerfolie zu einem homogenen Film mit definierten Abmaßen aufgezogen. Ein ent-

sprechender Glasfasergehalt von 30 Gew-% im fertigen Halbzeug wurde auf die Hälfte der aufgezogenen Harzpastenfläche isotrop aufgestreut und die SMC-Harzpaste anschließend mittig gefaltet, sodass ein „Sandwich“ (Harzpaste/Glasfasern/Harzpaste) entstand. Dieses Sandwich wurde anschließend unter realen Imprägnierbedingungen auf der Walkstrecke einer Labor-SMC-Anlage (Typ: SMCline600, Hersteller: Schmidt & Heinzmann, Bruchsal) imprägniert, styroldicht verpackt und anschließend in einem temperierten Lager gereift.

Nach einer Reifezeit von acht Tagen wurden die verschiedenen SMC-Halbzeuge auf einer Laborpresse (Typ: P300 P/M, Hersteller: Dr. Collin Maschinenbau, Ebersberg) mit einem geeigneten Presswerkzeug unter konventionellen SMC-Prozessparametern (Werkzeugtemperatur 145 °C, Werkzeuginnendruck 100 bar, Haltezeit 300 s) zu Prüfplatten verarbeitet. Aus den Prüfplatten wurden anschließend die Probekörper für die mechanischen und optischen Untersuchungen gefräst.

Im Folgenden werden die Ergebnisse mit gemahlene Sonnenblumenschalen im duroplastischen Halbzeug präsentiert.

Mechanische Kennwerte

Um den Einfluss der biobasierten Füllstoffe auf die mechanischen Eigenschaften der SMC-Probekörper quantifizieren zu können, wurden die entsprechenden Materialien sowohl bezüglich ihrer mechanischen Eigenschaften als auch hinsichtlich ihrer Imprägnierqualität untersucht. Bei der Bestimmung der mechanischen Eigenschaften wurde die Charpy-Schlagzähigkeit nach DIN EN ISO 197 Teil 1

Die Autoren

M.Sc., Dipl.-Ing. (FH) Florian Gortner ist wissenschaftlicher Mitarbeiter des Kompetenzfelds „Presstechnologien“ der Institut für Verbundwerkstoffe GmbH, Kaiserslautern; Florian.Gortner@ivw.uni-kl.de

Prof. Dr.-Ing. Peter Mitschang ist technisch-wissenschaftlicher Direktor der Abteilung Verarbeitungstechnik an der Institut für Verbundwerkstoffe GmbH und Universitätsprofessor für „Verarbeitungstechnik der Faser-Kunststoff-Verbunde“ an der TU Kaiserslautern.

Service

Literatur & Digitalversion

- Das Literaturverzeichnis und ein PDF des Artikels finden Sie unter www.kunststoffe.de/3113949

English Version

- Read the English version of the article in our magazine *Kunststoffe international* or at www.kunststoffe-international.com

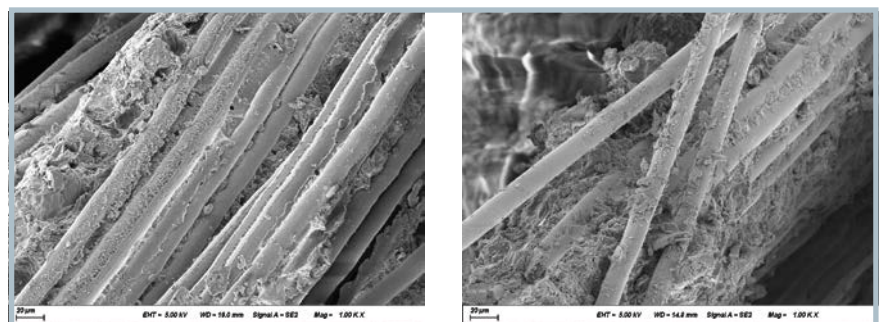


Bild 4. REM-Aufnahme einer Zugprobe mit 50 Gew.-% Sonnenblumenschalen-Anteil als Füllstoff, Vergrößerung 1000-fach (links), und REM-Aufnahme der Zugprobe eines Probekörpers aus Standard-Glasfaser-SMC, Vergrößerung 1000-fach (rechts) (© Institut für Verbundwerkstoffe)

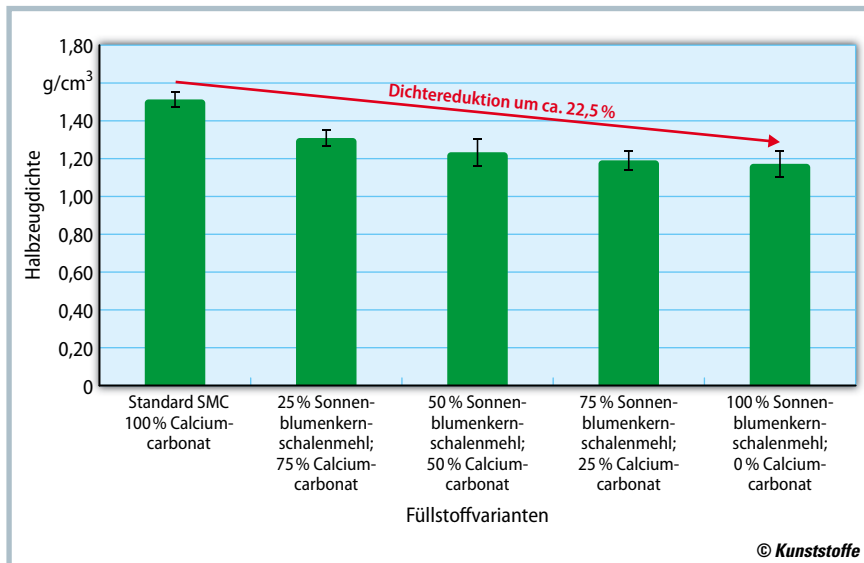


Bild 5. Einfluss der biobasierten Füllstoffe auf die Harzpastendichte (Quelle: Institut für Verbundwerkstoffe)

(Prüfgerät: Ceast 4519, Hersteller: Instron, Darmstadt, 4-kN-Hammer), der Zug-E-Modul und die Zugfestigkeit nach DIN EN ISO 527 Teil 2, Probekörper-Typ IBA 75x5 (Prüfgerät: 1474, Hersteller: Zwick, Ulm) sowie der Biege-E-Modul und die Biegefestigkeit nach DIN EN ISO 14125 (Prüfgerät: 1474, Hersteller: Zwick) ermittelt. Die optische Analyse erfolgte mithilfe eines Rasterelektronenmikroskops (Typ: Supra 40VP, Hersteller: Carl Zeiss Microscopy, Jena) und der Auswertung von Schlißbildern.

Bild 3 zeigt den E-Modul und die Zugfestigkeit, die beim Ersetzen der konventionellen Füllstoffe durch Sonnenblumenschalenmehl im Zugversuch in Anlehnung an die Norm DIN EN ISO 527 Teil 2 erreicht wurde. Als Referenzmaterial diente eine SMC-Standardformulierung mit einem Glasfaser-Massengehalt von 30%. Beim Ersetzen der konventionellen Füllstoffe durch die biobasierten Füllstoffe konnten bis zu einem Gehalt von 75% biobasierter Füllstoffe gleiche bzw. höhere Werte für den E-Modul erreicht werden. Bei einem biobasierten Anteil von 100% lag der Wert des spezifischen E-Moduls etwa 9% unter dem des Referenzmaterials. Dies ist auf die große Hydrophilie der Sonnenblumenschalen zurückzuführen. Ein starker Viskositätsanstieg der Harzpaste ist die Folge, was sich in einer mangelhaften Imprägnierung der Fasern widerspiegelt.

Hinsichtlich der Zugfestigkeit konnte durch den Einsatz der biobasierten Füllstoffe mit einem Anteil von bis zu 50%

eine Steigerung von etwa 35% gegenüber dem Referenzwert erreicht werden. Bei einem Anteil der biobasierten Füllstoffe von 75% liegt der Wert auf dem Niveau des konventionellen Halbzeugs, wohingegen er bei 100% biobasiertem Anteil lediglich 67% der Zugfestigkeit erreicht. Die hohen Zugfestigkeiten können durch die homogene Verteilung der Füllstoffe und die gute Faser-Matrix-Haftung beim Einsatz der biobasierten Füllstoffe (**Bild 4, links**), die mit denen der konventionellen Füllstoffe vergleichbar ist (**Bild 4, rechts**), erklärt werden.

Die biobasierten Füllstoffe senkten die Harzpastendichte um bis zu 20%, ohne die spezifischen mechanischen Eigenschaften zu reduzieren (**Bild 5**). Dies führt zu einer knapp 13% geringeren Halbzeugdichte bei gleichbleibenden mechanischen Eigenschaften.

Fazit

Die Forschungsarbeit am Institut für Verbundwerkstoffe zeigt, dass biobasierte Füllstoffe in duroplastischen Faserverbundwerkstoffen nutzbar sind. In weiteren Untersuchungen werden die Feuchtigkeitsaufnahme und das Brandverhalten der verwendeten Füllstoffe ausführlich untersucht und angepasst. Ebenso soll die Verarbeitbarkeit im industriennahen Maßstab auf der institutseigenen SMC-Anlage und die presstechnische Verarbeitung auf einer 800-t-Bauteilpresse im industriennahen Maßstab untersucht werden. ■