

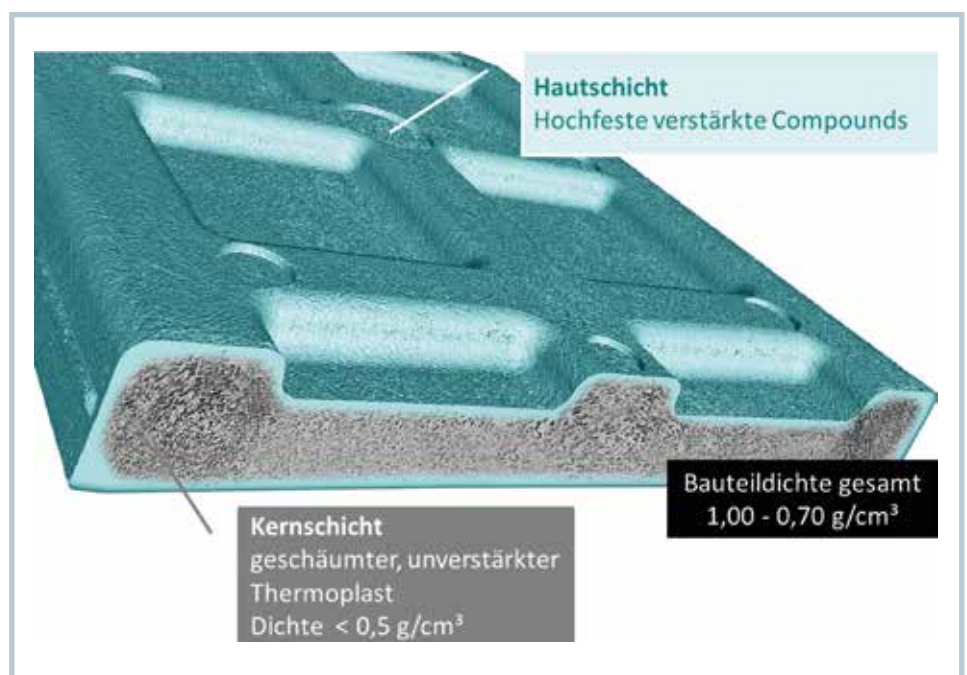
Sandwich in Waffelform

Physikalisches Schäumen beim 2K-Sandwichspritzgießen von Leichtbauteilen

Hochfeste technische Thermoplaste als Hülle werden am KUZ im 2K-Sandwichspritzgießen mit leichten Schäumen im Kern kombiniert. Das einstufige Verfahren ermöglicht die Großserienproduktion von Bauteilen mit hoher gewichtsspezifischer Biegesteifigkeit.

Die gemeinnützige Kunststoff-Zentrum in Leipzig gGmbH (KUZ) arbeitet an leistungsfähigen Leichtbaustrukturen. Den prinzipiellen Aufbau einer möglichen, waffelartigen Sandwichstruktur zeigt das **Titelbild**. Verfahrenstechnisch werden hierfür das 2K-Sandwichspritzgießen und das Schäumen von thermoplastischen Kunststoffen miteinander kombiniert (**Bild 1**). Bisher entstand der Schaum durch ein chemisches Treibmittel. Die physikalische Begasung der unter Druck stehenden Polymerschmelze ermöglicht im Vergleich hierzu eine deutlich reduzierte Schaumdichte. Während mit chemischen Treibmitteln minimal erreichbare Dichten von ca. $0,7$ bis $0,5 \text{ g/cm}^3$ erzielt werden, liegen die Schaumdichten beim physikalischen Begasen deutlich niedriger [1, 2]. Für leichtere Bauteile wurde deshalb das 2K-Sandwichspritzgießen mit physikalischem Schäumen kombiniert.

Eine Herausforderung der Verfahrenskombination liegt in der rheologischen Kompatibilität der Materialien untereinander. Das Kernmaterial soll möglichst nicht durch die Hülle dringen. Dies hat zur Folge, dass für das Kernmaterial höherviskose Typen eingesetzt werden müssen. Weiterhin ist für eine hohe Biegesteifigkeit eine gute Haftung zwischen den beiden Materialien wichtig. Außerdem sollte sich das Verfahren auch für hochtemperaturbeständige Thermoplaste anwenden lassen. Bei chemischen Treibmitteln ist die maximale Zersetzungstemperatur auf 280°C beschränkt und somit hier nicht nutzbar. Beim physikalischen Schäumen mit Stickstoff (N_2) bestehen dagegen diesbezüglich keine Bedenken.



Das Schnittbild zeigt den Sandwichaufbau des Leichtbauteils in Waffelstruktur (Quelle: Xray-Lab GmbH & Co. KG, © KUZ)

Physikalisches Schäumen in 2K-Sandwich-Spritzgießen

Die Leichtbauteile werden am KUZ mit einer 2K-Spritzgießmaschine (Typ: Combimould HM-MK 180/525H/350V mit Cellmould-Einheit, Hersteller: Wittmann Battenfeld GmbH, Kottlingbrunn/Österreich) hergestellt. Zwei unabhängige Spritzaggregate spritzen im 2K-Sandwichverfahren die zwei Materialien in das Werkzeug ein. Die Schmelzeströme steuert eine 2K-Sandwich-Zwischenplatte.

Die Cellmould-Einheit arbeitet mit physikalischem Treibmittel (N_2), das in einem speziellen Plastifizierzylinder der Schmelze zudosiert wird. **Bild 2** zeigt den

Querschnitt des Plastifizierzylinders. Die Druckerzeugungseinheit verflüssigt den Stickstoff, sodass ein superkritisches Fluid entsteht. Dies ist genau dosierbar und in der flüssigen Schmelze gut löslich. Der Schneckenzyylinder ist mit Druck- und Temperaturenhnehmern sowie einem Gasinjektor ausgestattet. Die für den Schäumprozess modifizierte Schnecke besitzt ein Mischteil zur intensiven Vermischung des Treibfluids mit der Schmelze. Die Steuerung des Schäum-Prozesses ist in die Maschinensteuerung integriert. Hier werden alle zur Steuerung des Schäumprozesses erforderlichen Spritzparameter eingestellt und am Bildschirm angezeigt. »



Bild 1. Im Technikum des KUZ wird die Verfahrenskombination von Uwe Nafeld und Annerose Hüttl sowie Dieter Kremer (v.l.n.r.) von Wittmann Battenfeld erprobt (© KUZ)

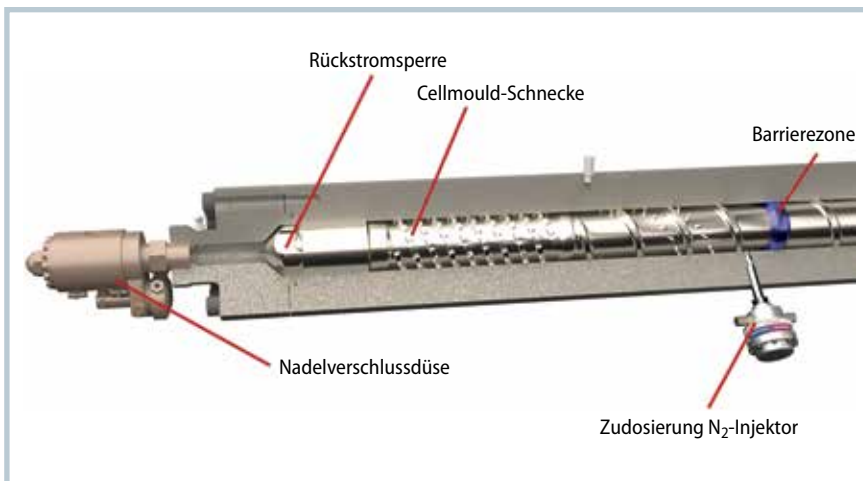


Bild 2. Prinzipieller Aufbau des Cellmould-Plastifizieraggregats (© Wittmann Battenfeld GmbH)

Zwischenplatte steuert Schmelzeströme

Damit Haut- und Kernschicht entstehen, müssen die Schmelzeströme gesteuert werden. Diese Aufgabe übernimmt die 2K-Sandwich-Zwischenplatte der A & E Applikation und Entwicklung Produktionstechnik GmbH, Dresden (**Bild 3**). Der Vorteil ist, dass beliebige vorhandene 1K-Standard-Spritzgießwerkzeuge verwendet werden können.

Das Grundprinzip dieses Verfahrens [3] beruht auf der relativ zu Metallen schlechteren Wärmeleitfähigkeit von Polymerschmelzen. Beim Einspritzen in die Kavität bildet die Schmelze der Hautschicht einen Quelfluss aus. Die zuerst eingeströmte Schmelze legt sich an die

Werkzeugwand und umhüllt so die nachströmende zweite geschäumte Komponente. Als vorteilhaft erwies sich für die Versuche die Kombination von ei-

nem durch Schmelzedruck betätigten Kolben zum Umschalten der Schmelzeströme von Haut auf Kernmaterial mit einer Verschlussfunktion der 2K-Sandwich-Zwischenplatte [4].

Beladungsverfahren beeinflusst die Schaumstruktur

Für die Sandwichbauteile wurde eine Kombination aus einem langglasfaserverstärkten Polypropylen (PP-LGF40) und einem unverstärkten geschäumten PP der Borealis Polyolefine GmbH, Linz/Österreich, eingesetzt. Dabei wurde der Schaum durch drei Verfahren erzeugt: (1) durch chemische Treibmittel, (2) durch das physikalische Verfahren mit N₂ ohne Additivierung und (3) durch das physikalische Verfahren mit N₂ mit Additivierung. **Tabelle 1** zeigt den Aufbau der Sandwichstruktur und die Gewichtsreduzierung im Vergleich zum kompakten Vergleichsteil (0).

Der positive Effekt von Additiven auf die Schaumstruktur wird schon seit Langem im Extrusionsverfahren genutzt [5]. Die Zersetzungsprodukte chemischer Treibmittel wirken als Nukleierungskeime und erzielen im Vergleich zu anorganischen Nukleierungsmitteln wie z.B. Talkum fezzelligere Schäume [vgl. 6]. Der Grund liegt darin, dass die entstehenden Gasblasen chemischer Treibmittel feiner und dichter gepackt sind als feste Talkumpartikel. Das führt zu einer höheren Konzentration an Nukleierungskeimen, an denen sich das physikalische Treibmittel anlagern kann.

Die Sandwichvarianten (1), (2) und (3) ersparen im Vergleich zum kompakten Formteil (0) etwa 30% Gewicht. Jedoch bildet sich die Schaumstruktur der geschäumten Kernschichten zwischen den

Verfahrensvariante	1K	2K-TSG*	2K-TSG*	2K-TSG*
	Kompakt	Chemisch geschäumt	Physikalisch geschäumt ohne Additiv	Physikalisch geschäumt mit Additiv
Bezeichnung Formteil	0	1	2	3
Haut	100	100	100	100
Kern	PP	97	100	99
	chemisches Treibmittel		2	1
Dichte des Gesamtbauteils [g/cm ³]	1,36	0,97	0,97	0,97
Gewichtsreduzierung im Vergleich zur kompakten Platte (Probenbezeichnung 0) [%]		29	29	29

* TSG: Thermoplastisches Schaumspritzgießen

Tabelle 1. Zusammensetzung der Haut- und Kernschicht (Quelle: KUZ)

kompakten Hautschichten je nach Verfahrensvariante unterschiedlich aus.

Schaumstruktur mit CT untersucht

Bild 4 zeigt Schnitte in Fließrichtung durch die Formteilmittle in der Plattenebene der jeweiligen Verfahrensvariante. Diese basieren auf Computertomographien, die mit dem TomoScopeXS der Werth Messtechnik GmbH, Gießen, unter Verwendung einer Mikrofokusröntgenröhre in Kombination mit einem hochauflösenden Detektor generiert wurden. Die Messungen wurden mit 160 kV Beschleunigungsspannung und einem Vorfilter aus 1 mm Aluminium durchgeführt. Die Tomografien der jeweiligen Probe wurde mit einer Voxelgröße von 40 µm gemessen.

Die durch chemisches Treibmittel erzeugten Schaumkerne (1) weisen überwiegend kugelförmige und relativ große Schaumblasen auf. Dagegen bilden sich beim physikalischen Schäumen (2) feinere Blasen.

Eine Verbesserung der Schaumstruktur beim physikalischen Schäumen wird durch Zugabe eines aktiven Nucleierungsmittels in Form eines chemischen Treibmittels erzielt (3). Die Blasengröße ist noch einmal deutlich reduziert, und die Zellwände sind dünner als bei (1) und (2). Bedingt durch den höheren Druck des Treibgases beim physikalischen Schäumen kommt es hier jedoch am Fließwegende vermehrt zur Bildung von größeren Blasen. Weitere Versuche sollen klären, wie dies durch Veränderung der Verfahrensparameter, die Dosierung des Additivs und den Kunststoff selbst beeinflusst werden kann.

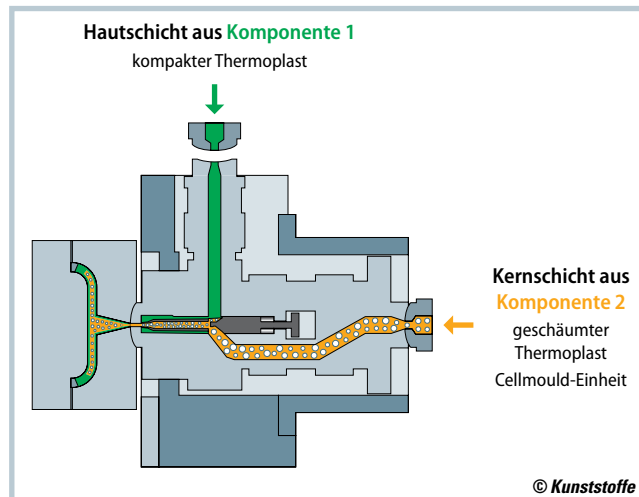


Bild 3. Eine 2K-Sandwichplatte leitet sequenziell die beiden Schmelzströme auf den Anspritzpunkt. Der Querschnitt zeigt, dass zunächst die Hautkomponente (grün) und darauf folgend die geschäumte Kernkomponente (gelb) ins Innere der Hautkomponente eingespritzt wird (Quelle: KUZ)

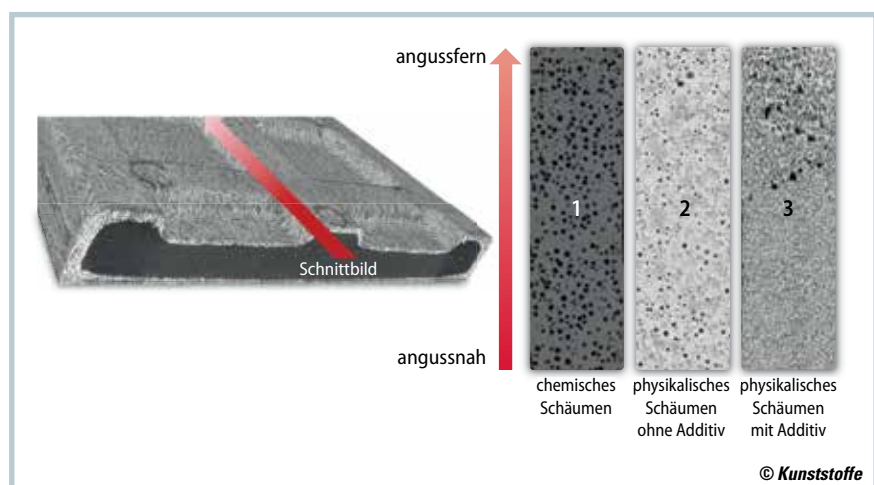


Bild 4. Schnittbild aus der Tomografie eines Sandwichbauteils. Links: Querschnitt des Sandwichbauteils. Rechts: Details der Schaumausprägung in der Kernschicht bei verschiedenen Varianten der Schaumerzeugung. Breite der Schnitte jeweils 10 mm (Quelle: Xray-Lab GmbH & Co. KG, Werth Messtechnik GmbH)

Materialkombination zeigt gute Haftung

Die Verbundhaftung von Kern- und Hautmaterial wird mit einem speziellen Zwei-

Komponenten-Zugprüfstab gemessen (**Bild 5**). Dabei war ein Kohäsionsbruch feststellbar, der eine gute Verbundhaftung anzeigt. REM-Aufnahmen weisen eben- »

Die Autoren

Dipl.-Ing. (FH) Annerose Hüttl ist an der Kunststoff-Zentrum in Leipzig gGmbH (KUZ) wissenschaftliche Mitarbeiterin im Bereich Verarbeitungstechnik mit Fokus auf Schaumspritzgießen.

Dieter Kremer ist Anwendungs- und Verfahreningenieur bei der Wittmann Battenfeld GmbH & Co. KG in Meinerzhagen.

Dipl.-Ing. (FH) Frederic Ballach ist Projektleiter Entwicklung Röntgentomografie bei der Werth Messtechnik GmbH in Gießen.

Dr. Peter Bloß ist Geschäftsführer am KUZ.

Dank

Der Dank der Autoren gilt der Borealis Polyolefine GmbH (Linz) für die Bereitstellung des Materials für die Haut- und Kernschichtkomponenten und der A & E Applikation und Entwicklung Produktionstechnik GmbH (Dresden) für die Unterstützung bei der Modifikation der 2K-Sandwich-Zwischenplatte.

Diese Arbeit wurde gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestags (Förderkennzeichen: Reg.-Nr.: MF160109).

Service

Digitalversion

» Ein PDF des Artikels finden Sie unter www.kunststoffe.de/6666914



Bild 5. Der Kohäsionsbruch zeigt die gute Verbundhaftung zwischen PP-LGF40 und unverstärktem geschäumten PP (oben). Unten ist ein 2K-Zugprüfstab dargestellt (© KUZ)

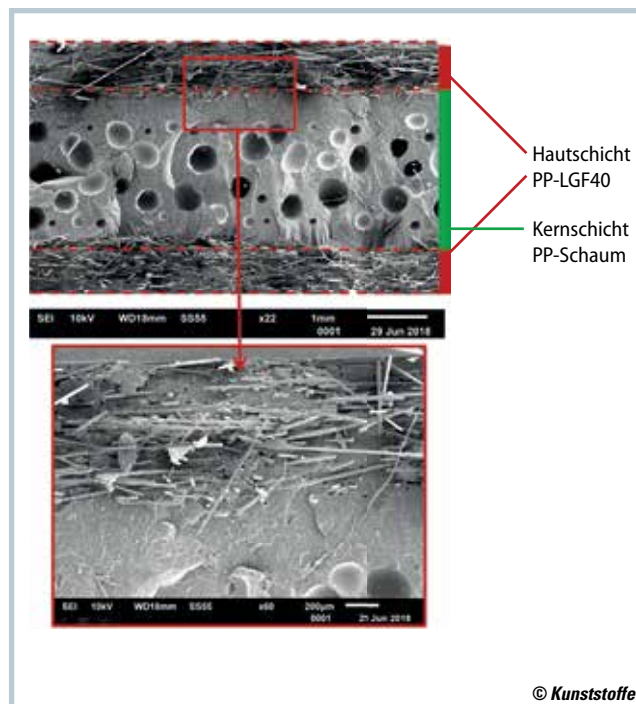


Bild 6. Die REM-Aufnahmen zeigen die Verbindung der Langglasfasern mit der geschäumten Kernschicht (Quelle: KUZ)

falls auf eine gute Verbundhaftung hin (Bild 6). Ein „Hineinragen“ der Glasfasern des Hautmaterials in das Material des Schaumkerns kann beobachtet werden.

Die so hergestellten Leichtbauteile sind wirtschaftlich, großserientauglich und maschinenfallend ohne Nacharbeit herstellbar. Geeignet ist das 2K-Sandwich-Verfahren mit kompakter Haut und Schaumkern für flächige, schalenförmige oder plattenartige tragende Bauteile. Entscheidender Vorteil ist, dass die Bauteile durch den Sandwichtaufbau leichter werden, ohne ihre Biegesteifigkeit einzubüßen.

Beispiele für Automotive-Applikationen sind tragende Bauteile, Halterungen und Verkleidungsteile. Im allgemeinen Maschinenbau sind es z. B. Komponenten von Maschinenelementen, bei denen eine geringere Masseträgheit aufgrund des niedrigeren Gewichts gefordert ist, wie z. B. Aufbauten für Roboterköpfe (End of Arm Tooling), belastete Gehäuse, rotierende Teile und bewegte Schließmechanismen.

Für stärker mechanisch und thermisch belastete Teile wurden Polyamide sowohl für die steife Haut als auch für den Schaumkern eingesetzt. ■