

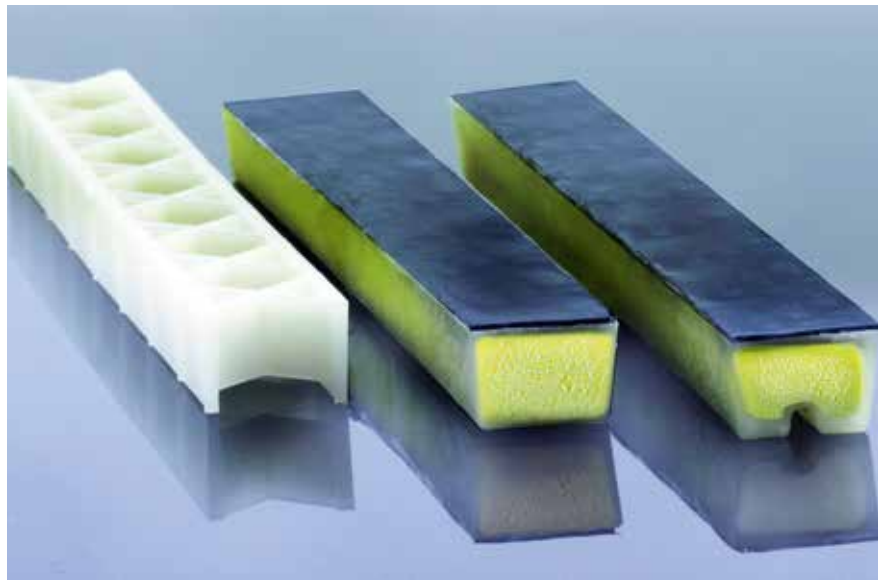
Schaumgerechte Leichtbaustruktur

Wie sich das Leichtbaupotenzial verrippter Bauteile gezielt steigern lässt

Leicht und doch stabil ist eine Neuentwicklung des Kunststoff-Zentrums in Leipzig. Mit neuartiger Rippengeometrie und speziellen Materialkombinationen ist die wirtschaftlich herstellbare Leichtbaustruktur der konventionellen Kreuzverrippung überlegen.

Sollen in industriellen Anwendungen Metall- durch Kunststoffteile ersetzt werden, ist häufig eine Kombination aus konstruktivem, Werkstoff- und Systemleichtbau zielführend [1]. Bei all diesen Betrachtungen dürfen die Kosten nicht aus dem Ruder laufen, was bei High-End-Lösungen oft der Fall ist.

Häufig stehen flächige verrippte Bauteile mit tragender Funktion im Fokus (**Bild 1**). Anwendungsbeispiele dafür finden sich beispielsweise in der Automobilindustrie [2] und im allgemeinen Maschinenbau. Es sind Bauteile, bei denen ein geringeres Gewicht bewegter Massen angestrebt wird, wie z.B. Lüfterräder oder Aufbauten für Roboterköpfe sowie hoch belastete Gehäuse oder Gehäuseteile.



Eine kompakte Struktur wird mit zwei geschäumten Leichtbaustrukturen verglichen

Geschäumte versus kompakte Rippenstruktur

Um die Steifigkeit der Bauteile zu erhöhen, besteht die gängige Praxis darin, diese unter Berücksichtigung einer kunststoffgerechten Gestaltung mit Rippen zu versehen. Allein diese konstruktive Maßnahme ist schon ein Beitrag zum Leichtbau. Eine grundsätzliche Frage dabei ist: Kann eine geschäumte Rippenstruktur ein höheres Leichtbaupotenzial haben als eine kompakte Rippenstruktur – und wenn ja, unter welchen Voraussetzungen?

Eine Projektgruppe der Kunststoff-Zentrum in Leipzig gGmbH (KuZ) hat nun gezeigt, wie sich das Leichtbaupotenzial gegenüber der bewährten Verrippung steigern lässt. Die erste Etappe sieht vor, das Bauteilgewicht durch Schäumen zu reduzieren und damit den Sandwicheffekt zu nutzen. Daneben wird un-

tersucht, welches Leichtbaupotenzial dem Einsatz von Mikrohohlglaskugeln als Füllstoff innewohnt.

Die beiden Geometrievarianten, also die als Vergleich herangezogene dünnwandige Rippenstruktur und die neu entwickelte dickwandige geschäumte Rippenstruktur, sind verfahrensspezifisch optimiert. Als häufigster Lastfall eines flächigen tragenden Bauteils wurde die Biegung betrachtet. Beim Vergleich unterschiedlicher Geometrien wird eine möglichst hohe spezifische, d. h. gewichtsbezogene Biegesteifigkeit angestrebt. Die bekannten Konstruktionsempfehlungen für spritzgegossene Rippengeometrien [3] sind sowohl für die kompakte als auch für die beiden geschäumten Geometrievarianten mit und ohne Sicke berücksichtigt. Auf dem **Titelbild** ist zu erkennen, dass alle drei Geometrievari-

anten die gleiche „Baugröße“, d. h. die gleiche projizierte Querschnittsfläche haben.

Eigenschaften eines Sandwichverbunds

Als gängigste Geometrievariante für flächige tragende Bauteile hat sich seit langem die konventionelle Kreuzverrippung durchgesetzt. Sie hat die Fähigkeit, unterschiedliche, in der Praxis häufig auftretende Lastfälle wie Biegung, aber auch Zug und Torsion aufzunehmen. Die Kreuzverrippung mit Längsträger wurde daher als vergleichende Geometrievariante für das Demonstratorbauteil einer ungeschäumten Rippenstruktur gewählt. Der filigrane Aufbau mit Längsträger und Kreuzverrippung weist bei geringem Gewicht eine hohe Biegesteifigkeit auf.

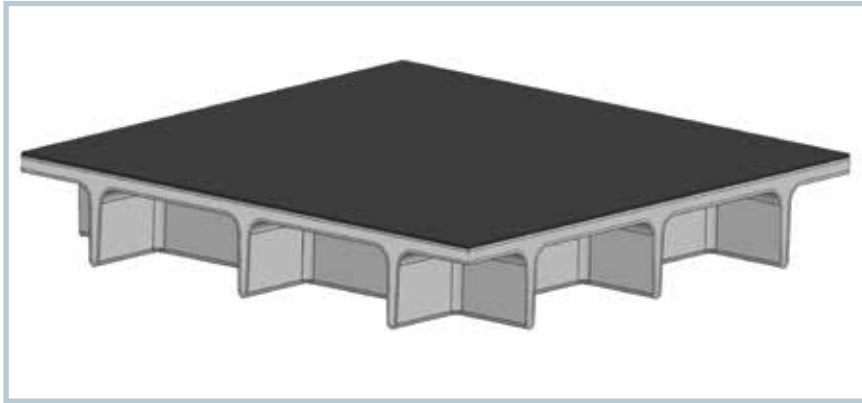


Bild 1. Die flächige Rippenstruktur ist bei tragenden Bauteilen häufig anzutreffen (Bilder: KuZ)

In den beiden neuen Bauteilvarianten für die geschäumte Rippenstruktur wurde der bekannte Sandwicheffekt genutzt, um einen Leichtbaueffekt zu erzielen. Der Sandwicheffekt beruht darauf, dass für die Aufnahme der Biegekräfte eines Materialverbunds die Steifigkeit der am weitesten von der neutralen Achse entfernten Schichten ausschlaggebend ist. Je mehr sich die Materialschichten der neu-

tralen Achse nähern, desto niedriger sind die Biegespannungen und desto leichter kann der Schaum im Sinne des Leichtbaus werden.

Die Formteilgeometrie wurde in der Konzeptphase durch analytische Berechnung der gewichtsspezifischen Biegesteifigkeiten verschiedener Geometrievarianten ausgelegt. Die Berechnung basiert auf den bekannten Ansätzen [4] zur Er-

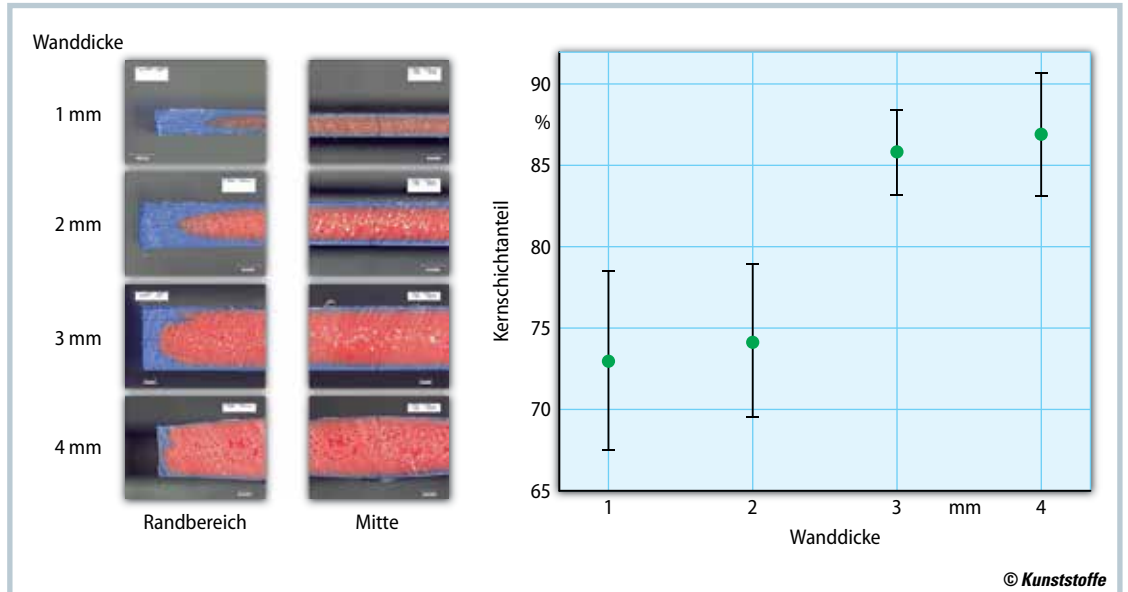
mittlung der Biegesteifigkeit von Verbundwerkstoffen. Diese Vorgehensweise erwies sich als schnell und für die Konzeptphase effektiv. Die experimentellen Ergebnisse bestätigen die Tendenzen der Berechnung.

Die Schaumrippe

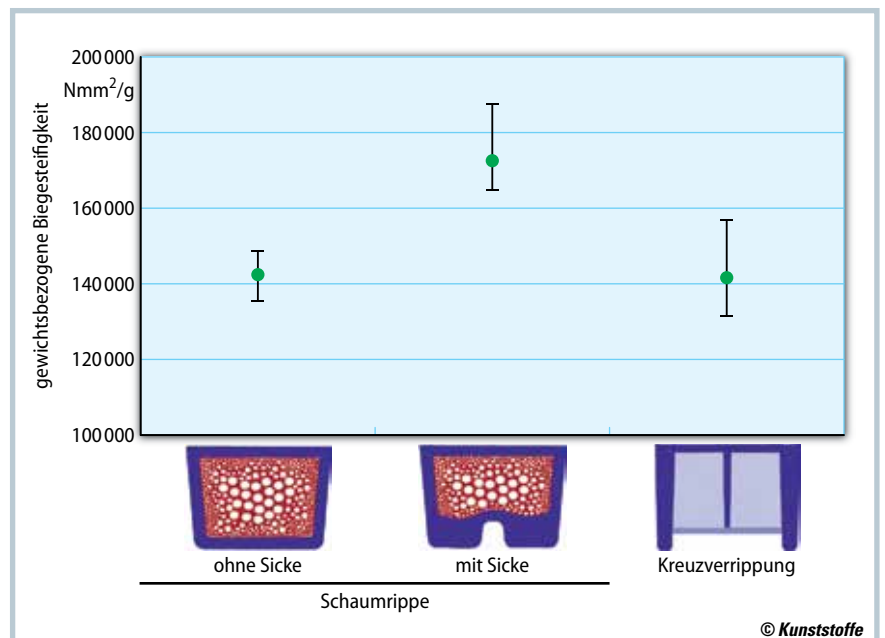
Da die hochfesten Materialien fern der neutralen Achse die Biegesteifigkeit bestimmen, müssen sie dort in ausreichender Menge platziert werden. Um möglichst viel festes Hautmaterial in die äußere Schicht zu bringen, wurden Versuche zur Randschichtausprägung im Zweikomponenten-Sandwichspritzgießverfahren mit einer 60 x 60 mm großen Platte bei verschiedenen Wanddicken durchgeführt.

Die Ergebnisse zeigen, dass bei zunehmender Wanddicke der Anteil der Kernschicht steigt (**Bild 2 rechts**). Bei niedrigeren Wanddicken bildet sich, bedingt durch die schnellere Erstarrung an der Werkzeugwand, mehr Hautmaterial »

Bild 2. Die Hautschicht lagert sich bei sinkenden Wanddicken vermehrt in den Ecken an. Der Querschnitt zeigt links den Rand und rechts die Mitte der Platte



© Kunststoffe



© Kunststoffe

Bild 3. Die Schaumrippe mit Sicke (Mitte) ergibt höhere spezifische Biegesteifigkeiten als die Varianten ohne Sicke bzw. mit Kreuzverrippung (blau: kompakte Hautschicht; rot: geschäumte Kernschicht)

Die Autoren

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

Dr.-Ing. Gábor Jüttner ist am KuZ wissenschaftlicher Mitarbeiter im Bereich Werkzeugtechnik mit Fokus auf Mikro-kunststofftechnologie.

Dr. Peter Bloss ist seit 2001 Geschäftsführer am KuZ.

Dank

Diese Arbeit wurde gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestags (Förderkennzeichen: MF110147).

Service

Literatur & Digitalversion

Das Literaturverzeichnis und ein PDF des Artikels finden Sie unter www.kunststoffe.de/882986

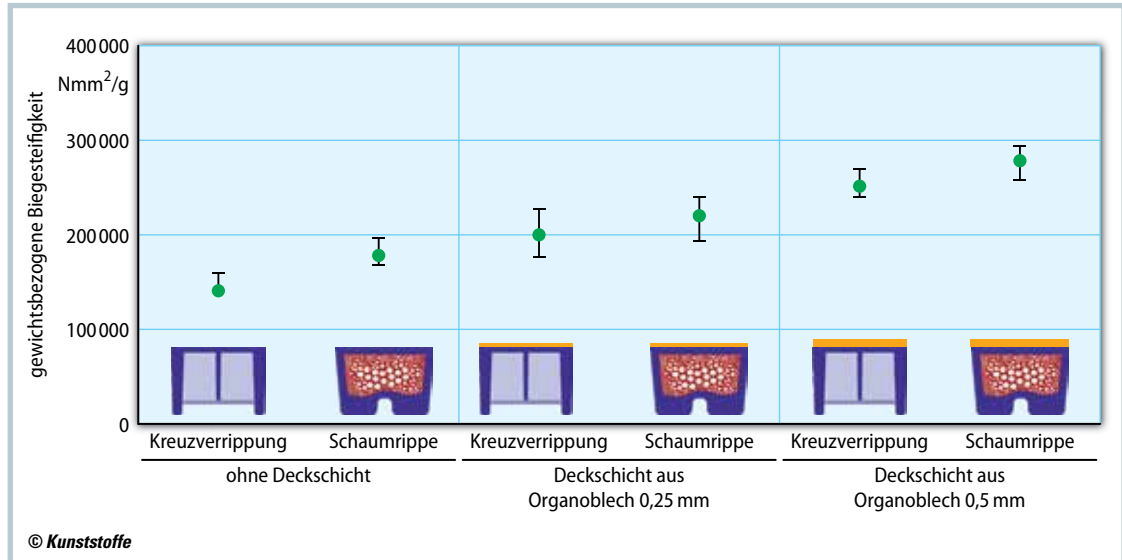
in den Ecken (**Bild 2 links**). Für die Geometrie der Schaumrippe bedeutet dies, dass das Einbringen von Sicken oder Noppen zur Oberflächenvergrößerung die Abkühlung der Schmelze beschleunigt und somit die Menge an Hautmaterial in den Ecken der Randschicht vergrößert. Um die Wirksamkeit dieses Effekts zu untersuchen, wurde die Schaumrippengeometrie mit und ohne Sicke ausgeführt (**Bild 3**).

Ein erwünschter Nebeneffekt ist, dass die vermehrte Ansammlung von Hautmaterial das beim thermoplastischen Schaumspritzgießen typische Aufblähen

dickerer Formteilwandungen verhindert (**Bild 2 unten**).

Das 2K-Sandwichspritzgießen ermöglicht im One-shot-Verfahren eine wirtschaftliche, großserientaugliche Fertigung maschinenfallender, nacharbeitsfreier Leichtbaustrukturen. Dazu wurde eine 2K-Spritzgießmaschine (Typ: Victory 330H 80V/80 Combi; Hersteller: Engel Austria GmbH, Schwertberg/Österreich) mit einer handelsüblichen Sandwich-Zwischenplatte (Typ: ZP51-V; Hersteller: A&E Produktionstechnik GmbH, Dresden) ausgerüstet [5].

Bild 4. Durch eine verstärkende Deckschicht aus Organoblech kann die gewichtsspezifische Biegesteifigkeit weiter gesteigert werden



Steigerung der spezifischen Biegesteifigkeit

Die neuartige schaumgerechte Leichtbaustruktur erzielt im Vergleich mit der konventionellen Kreuzverrippung höhere gewichtsspezifische Biegesteifigkeiten (Bilder 3 und 4). Es zeigt sich sowohl ohne verstärkende Deckschicht als auch in Kombination mit einem Organoblech als Deckschicht, dass mit dickwandigen Schaumrippen vergleichbare Steifigkeiten wie mit den konventionellen dünnwandigen Rippen erreichbar sind. Durch Einbringen von Sicken übertrifft die Schaumrippe in ihrer Biegesteifigkeit sogar die konventionelle Variante (Bild 3).

Zum Schäumen der Kernschicht eignet sich die Verwendung eines endothermen chemischen Treibmittels (Hersteller: Berlin Plastix Ltd., Berlin) ebenso wie das physikalische Schäumen – im erstgenannten Fall kann, um feinere Schäume zu erzielen, zusätzlich ein Nukleierungsmittel (Hersteller: Kunststofftechnik Lapacz, Berlin) beigemischt werden.

Die Sandwichstruktur lässt sich in folgender Materialkombination auf Basis von Polypropylen in Serie spritzgießen:

- dünne, flächige Deckschicht aus 0,25 bzw. 0,5 mm dickem Organoblech mit tragender Funktion, die zu Beginn eines Spritzgießzyklus ins Werkzeug eingelegt wird (Typ: Tepex Dynalite; Lieferant: Bond-Laminates GmbH, Brilon);
- dünne, stoffschlüssig hinterspritzte Hautschicht zur Steigerung der mechanischen Festigkeit und Vermeidung

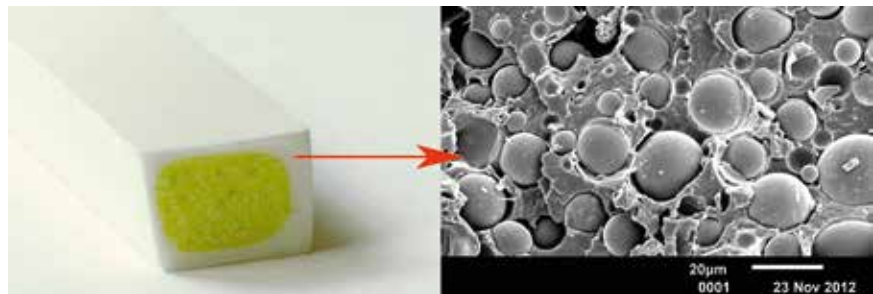


Bild 5. Die Hautschicht besteht aus einem Mikrohohlglaskugel-Compound (rechts: REM-Aufnahme), die Kernschicht aus geschäumtem Polypropylen

der von Schwindung und Verzug aus PP-GF30 (Dichte: 1,12 g/cm³) oder optional einem Compound aus PP gefüllt mit Mikrohohlglaskugeln (Durchmesser: 17 µm);

- dicke, geschäumte Kernschicht aus unverstärktem PP (Dichte: 0,9 g/cm³) zur Gewichtsreduzierung.

Die Dichte der gesamten Leichtbaustruktur mit dem 0,5 mm dicken Organoblech, der Hautschicht aus PP-GF30 und dem oben beschriebenen Kernschichtaufbau beträgt 0,68 g/cm³. Vergleichbare Leichtbaustrukturen (Bild 4) lassen sich auch auf Basis von Polyamid 6 herstellen.

Niedrige Dichten durch Mikrohohlglaskugeln

Durch Einarbeiten der für das Spritzgießen geeigneten Mikrohohlglaskugeln (Typ: iM16K; Hersteller: 3M Deutschland GmbH, Neuss) in ein leicht fließendes Polypropylen erhält man ein gut zu verarbeitendes Compound mit 28 Gew.-% (entsprechend 37 Vol.-%) Verstärkungsanteil. Das Compound wurde in die Haut-

schicht eingebracht (Bild 5). In der Kernschicht befindet sich geschäumtes, unverstärktes Polypropylen. Die Dichte des Compounds beträgt 0,8 g/cm³, während die Dichte der Sandwichstruktur bei 0,54 g/cm³ liegt. Die gewichtsspezifische Biegesteifigkeit liegt auf dem Niveau von PP-GF30.

Fazit

Das 2K-Sandwichspritzgießen mit Schaumkern ist ein geeignetes Verfahren, die beschriebenen Strukturen kostengünstig in Großserie herzustellen. Dabei reduziert das Einbringen von Schaum ins Bauteilinnere die Dichte ohne Beeinträchtigung der Festigkeit und bewirkt somit einen Leichtbaueffekt. Insbesondere durch die Variante der schaumgerechten Rippengestaltung mit Sicke wird eine höhere spezifische Biegesteifigkeit im Vergleich zur kompakten Kreuzverrippung erreicht. Durch eine verstärkende Deckschicht aus einem Organoblech lässt sich die gewichtsspezifische Biegesteifigkeit weiter steigern. ■