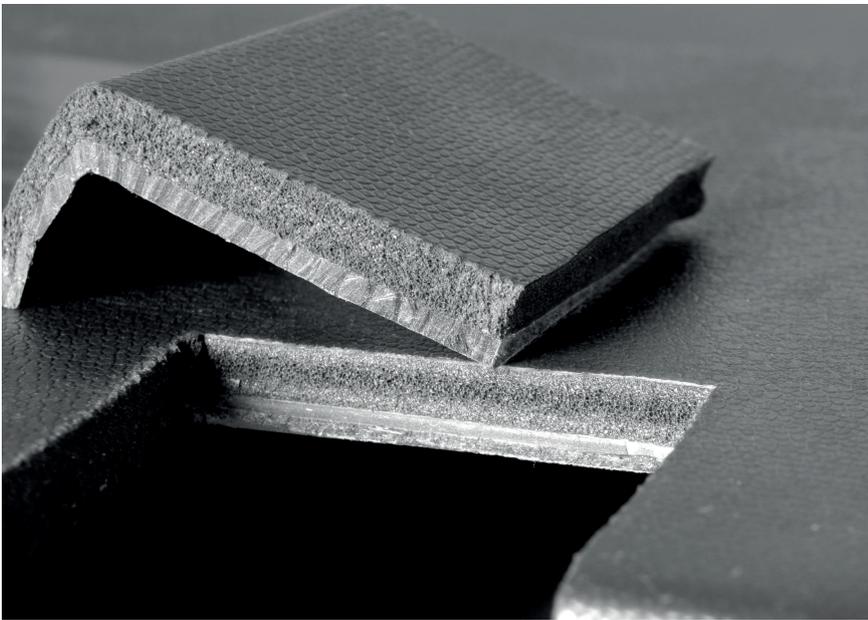


Fertigung von weichen Sichtbauteilen in einem einstufigen Prozess

Mit Hochdruck zum perfekten Schaum

Neben einer einfachen und kostengünstigen Fertigung von Kunststoffbauteilen rückt zunehmend auch deren CO₂-Fußabdruck und Recyclingfähigkeit in den Fokus. Für die Herstellung von Sichtbauteilen mit angenehmer Haptik wird deshalb nach Alternativen in der Produktion gesucht. Eine vielversprechende Möglichkeit dafür ist ein einstufiger Fertigungsprozess mit ausschließlich thermoplastischen Werkstoffen.



Schäume aus TPE verfügen über eine angenehme und weiche Oberfläche. Mit einem entsprechenden Produktionsverfahren lassen sie sich außerdem effizient herstellen und bieten dadurch Vorteile bei der Klimabilanz. © GK Concept

Eine weiche Oberflächenanmutung für Verkleidungsteile im Automobilinterieur ist in den mittleren und oberen Fahrzeugklassen schon länger Standard. Ihr Aufbau aus drei Lagen – Dekor, Schaum und Träger – verschiedener Materialarten ist mit hohem Aufwand und nicht unerheblichen Kosten bei der Herstellung verbunden. Das Werkstoffgemisch erschwert außerdem ein effektives Recycling. Es besteht deshalb ein starkes Interesse an alternativen Lösungen.

Durch einen einstufigen Fertigungsprozess nur mit thermoplastischen Werkstoffen und somit ohne Halbzeuge wäre eine deutliche Kostenreduktion möglich. Mit der Energie-, Zeit- und Ressourcensparnis sowie der entfallenden Nach- und Vorbehandlung kann außerdem ein erheblicher Beitrag zur Klimaneutralität von haptischen Innenraumverkleidungsteilen geleistet werden. Das bietet die

Chance, das Interieur auch in den unteren Fahrzeugklassen für ein angenehmes Nutzererlebnis aufzuwerten. Zudem bestünde durch einen solchen Prozess die Option, die Bauteile nach dem Ende der Lebenszeit wieder als Rohmaterial für neue Kunststoffteile mit dem Ziel einer weitgehenden Kreislaufführung der Rohstoffe zu verwenden.

TPE-Schaum mit geschlossener Oberfläche

Die vier Unternehmen GK Concept, Allod Werkstoff, Arburg und Frimo arbeiten gegenwärtig gemeinsam an der Entwicklung eines entsprechenden Produktionsverfahrens. Die Grundidee dahinter ist nicht völlig neu: Die Nutzung des Gasdrucks einer mit Treibmittel beladenen thermoplastischen Kunststoffschmelze, um mittels Öffnungshub im

Spritzgießwerkzeug aus einem thermoplastischen Elastomer (TPE) einen Schaum mit geschlossener Oberfläche zu erzeugen.

Der Prozess wird als Hochdruckthermoplastschaumspritzgießen bezeichnet. Dabei wird die Kavität im ersten Schritt vollständig mit einer gasbeladenen Schmelze gefüllt, kurz mit Nachdruck beaufschlagt und anschließend durch einen Öffnungshub des Werkzeugs vergrößert. Durch den Druckabfall löst sich das Gas aus der Schmelze und bildet die Schaumstruktur aus. Im gleichen Prozessschritt erfolgt die stoffschlüssige Verbindung mit dem als Trägermaterial dienenden kompatiblen Thermoplast.

Die Realisierung ist anspruchsvoll und deshalb am ehesten mit einer gemeinsamen Anstrengung aller Beteiligten der Wertschöpfungskette möglich. Bei der einhergehenden Material- und Prozessentwicklung inklusive Werkzeug und Bauteil übernimmt GK Concept die Prozessauslegung und Simulation, Allod Werkstoff die Materialentwicklung, Arburg die Anlagentechnik und Frimo die Werkzeugtechnik.

Weniger Oberflächendefekte auch ohne Sonderverfahren

Mit weichen Thermoplasten ist das Erzeugen eines feinzelligen gleichmäßigen Schaums schwierig. Bisherige Anwendungen weisen ein vergleichsweise hohes Gewicht und eine hohe Härte auf. Die größte Herausforderung besteht jedoch darin, die für das Thermoplastschaumspritzgießen (TSG) typischen Oberflächendefekte ohne die Nutzung von aufwendigen Sonderverfahren wie beispielsweise Gasgegendruck oder variotherme Werkzeugtemperierung zu reduzieren oder ganz zu vermeiden. Mit abnehmender Härte des Ausgangsmate-

rials steigt der Schwierigkeitsgrad bezüglich guter Oberflächenanmutung und Homogenität des Schaums.

Daher galt dem Schäumen im Projekt das Hauptaugenmerk. Die grundlegenden Untersuchungen fanden mit einem eigens für die TSG-Technologie konzipierten 1K-Versuchswerkzeug auf einer Mucell-Anlage statt. Die im Spritzgießprozess auftretenden Inhomogenitäten galt es prozessseitig zu minimieren und materialeitig in Hinblick auf die Homogenität der Zellstruktur abzufangen.

Gezielte Materialmodifikation hilft beim TPE-Schäumen

Form, Struktur, Material und Weichheit bedingen das Griffelerlebnis des fertigen Bauteils. Zum Erzeugen der weichen Oberflächenanmutung werden für den Schaumprozess thermoplastische Elastomere (TPE) verwendet. Übliche TPE-Spritzgießmaterialien besitzen nur eine niedrige Schmelzfestigkeit. Bereits bei geringen Aufschäumgraden kann es zu einem Aufreißen der Zellwände kommen. Durch gezielte Materialmodifikation der TPE wird diese Problemstellung aufgegriffen. In Verbindung mit einem Thermoplast aus dem Bereich der Polyolefine als Trägerkomponente weist diese Werkstoffauswahl einige Vorteile auf, wie eine geringe Ausgangsdichte, niedrige Rohstoffkosten und sehr gute Kompatibilität. Zu den prozessbedingten Erfordernissen an die Materialien kommen weitere aus der Verwendung als Verkleidungsteile im Fahrzeug stammende Werkstoffanforderungen hinzu.

Beim Hochdruckschaumspritzgießen gibt es eine Reihe von Einflussfaktoren auf

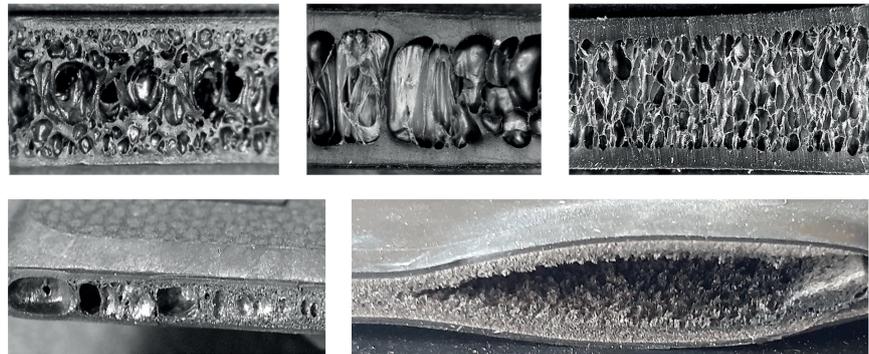


Bild 1. Bei den ersten Schäumversuchen traten noch Fehler wie Lunker, Schlieren, sehr große Schaumzellen und eine ungleichmäßige Schaumstruktur auf. © GK Concept

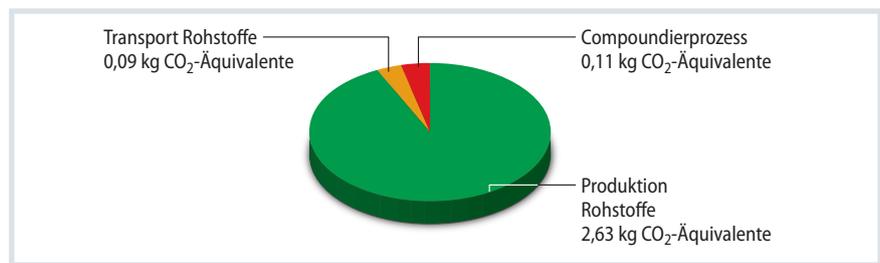


Bild 2. CO₂-Fußabdruck (cradle-to-gate) eines Standard-TPS-Compounds mit 60 Shore A berechnet nach ISO 14067: Der überwältigende Anteil der Emissionen entsteht bei der Produktion der Rohstoffe. Quelle: Allod Werkstoff; Grafik: © Hanser

die Schaumstruktur und die Bauteilqualität. Dazu zählen das Material, das Treibmittel, das Design von Bauteil und Spritzgießwerkzeug und die Prozesskonfiguration. Für die Versuchsreihen wurden die Einflussfaktoren systematisch variiert. Die im Vorfeld durchgeführten Prozesssimulationen lieferten die Vorgaben für die Variationsbreite der Prozessparameter. Die Materialauswahl wurde zum Start auf zwei TPE-Typen unterschiedlicher Härte beschränkt.

Die ersten Versuchsreihen zeigten erwartungsgemäß diverse Fehler wie Lunker, Schlieren sowie ungleichmäßige

und stellenweise aufgerissene Schaumstrukturen (**Bild 1**). Es ergaben sich aber auch erste positive Ergebnisse. Die Simulation eröffnet zusätzliche Möglichkeiten. Sie ermöglicht nicht nur die Prognose der Bauteilqualität, sondern macht auch den Teil des Versuchs, der im geschlossenen Werkzeug stattfindet, sichtbar. Dadurch sorgt sie für ein besseres Verständnis des Schäumprozesses. Sie liefert beispielsweise sehr detaillierte Informationen über Druck- und Temperaturverlauf in der Kavität. Beides sind maßgebliche Faktoren, die bestimmen, in welchem Maß mit dem Start des Öffnungshubes ein Schaumkern gebildet werden kann. Nur wenn die Kernschicht im Bauteil noch schmelzflüssig und mit ausreichend Gas beladen ist, kann der Schäumprozess starten, der das Bauteil expandieren und so dem Öffnungshub folgen lässt. Die dabei stattfindende Wanddickenerhöhung bei gleichbleibender Masse führt zu einer deutlich reduzierten Dichte.

Der Einfluss des Nachdrucks

Für eine homogene Schaumstruktur ist ein gleichmäßiges Druckniveau im gesamten Bauteil notwendig. Das wird über den Nachdruck nach dem Ende »

Eigenschaften	Prüfvorschrift	Kennwert
Härte	DIN ISO 48-4	81 Shore A
Dichte	DIN EN ISO 1183-1	0,90 g/cm ³
Reißfestigkeit (in Längsrichtung)	DIN 53 504	7,0 MPa
Reißdehnung (in Längsrichtung)	DIN 53 504	300 %
Geruch	VDA 270 (Variante 3)	Note 3
Fogging	DIN 75201 (Verfahren B)	0,5 mg
Brennverhalten	DIN 75 200 (Dicke 2 mm)	25 mm/min
Xenontest	DIN EN ISO 105-B06 (Bedingung 3, 3 Zyklen)	Graumaßstab 4/5
Wärmebeständigkeit	100 °C/48 h	Keine optische Veränderung

Tabelle. Eigenschaften des TPE-Compounds für das Schäumen Allruna VS 29050688 von Allod

Quelle: Allod Werkstoff

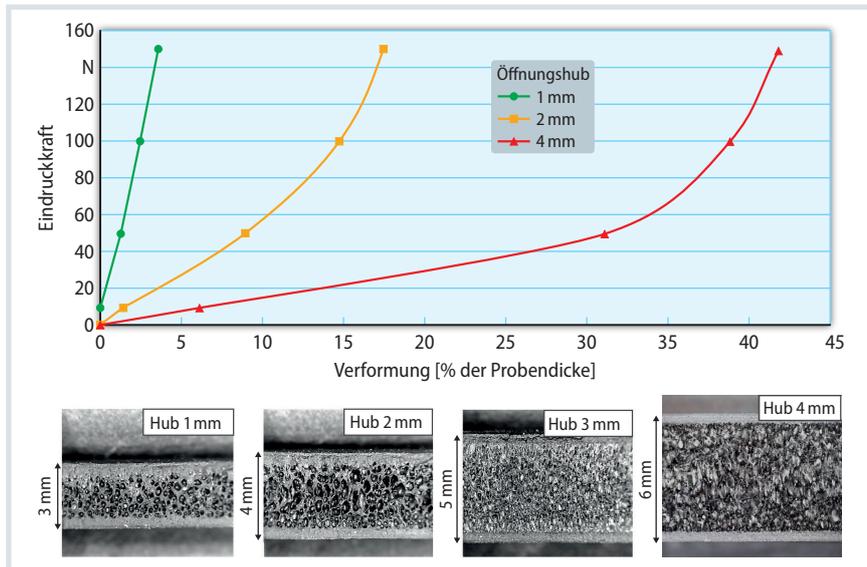


Bild 3. Druckversuche an Proben mit verschiedenen Öffnungshüben: Der Öffnungshub beeinflusst maßgeblich die Haptik der TPE-Oberfläche. Quelle: GK Concept; Grafik: © Hanser

der Formteilfüllung realisiert. Die Nachdruckdauer bestimmt dabei die Dicke der kompakten Randschicht. Idealerweise wird die Nachdruckphase sehr kurz gehalten, um das Bauteilgewicht und die Eindruckhärte der Schaumschicht nicht unnötig zu erhöhen. Sie kann aber auch dazu dienen, die Temperatur des schmelzeflüssigen Kerns in das passende Temperaturfenster für eine Schmelze mit hoher Dehnfestigkeit zu bringen.

Die häufigsten Oberflächendefekte waren Schlieren und Dellen. Schlieren entstehen, wenn das Gas in der Kavität aus der Schmelze austritt. Da im Werkzeug zum Start des Einspritzens nur der atmosphärische Druck herrscht, entsteht ein Druckgradient, der unvermeidlich zum Ausgasen führt. Begrenzen lässt sich das, indem schnellstmöglich gefüllt wird und die in der Kavität vorhandene Luft durch die Schmelzefront zusammengepresst wird, wodurch ein Gegendruck entsteht. Leichte Schlieren lassen sich gut durch eine strukturierte Werkzeugoberfläche kaschieren. Zudem hilft diese, den Effekt des Klebens des Bauteils an der Kavitätswand zu vermeiden.

Porengröße von maximal 100 µm

Wenn die Schaumstruktur größere Zellen oder Lunker enthält, werden diese in Form von Dellen auf der Oberfläche sichtbar. Die kompakte Randschicht, die für eine weiche Schaum-

schicht mit geringer Dichte circa 0,5 mm dick sein sollte, kann aufgrund der geringen Steifigkeit des Materials derartige Fehlstellen nicht verbergen. Eine optimale Struktur besteht aus einem feinzelligen Schaum mit Porengrößen von maximal 100 µm.

Basierend auf den Ergebnissen der Versuchsreihen mit den ersten beiden Materialtypen und den Daten aus der Simulation erfolgten zielgerichtete An-



Bild 4. TPE-Schaummuster, gefertigt in einem 1K-Prozess: Nach Anpassung des Materials und des Verfahrens lassen sich weiche TPE-Teile mit homogener Schaumstruktur fertigen. © GK Concept

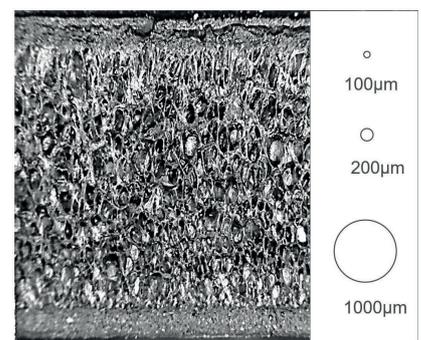
passungen der Materialformulierung. Bei den TPE-Materialien handelt sich um Compounds mit den wesentlichen Bestandteilen TPE-Blockcopolymer, einem Thermoplast, Weichmacher und Füllstoff sowie spezifischen Additiven. Auf den Schaumbildungsprozess wirkt sich sehr stark das Fließverhalten der Polymerschmelze unter Dehnbelastung

aus. Durch Materialmodifikation ist eine höhere Schmelzefestigkeit und -dehnfähigkeit erzielbar. Gute Fließigenschaften sind im Allgemeinen förderlich für die Blasenbildung.

Saugnapfeffekte am Werkzeug verhindern

Weitere Bedeutung für die entstehende Schaumstruktur besitzen Nukleierungsmittel. Sie erhöhen Nukleierungsdichte und -rate der Gasblasen [1]. Passive Nukleierungsmittel in den TPE-Compounds können dazu dienen, die Zellbildung zu verbessern. Art und Anteil der verwendeten Nukleierungshilfsmittel beeinflussen aber auch das Abkühlverhalten und die Oberflächenqualität. Mit sinkender Härte nimmt der Saugnapfeffekt des Materials an der Werkzeugoberfläche zu. Dadurch kann es zum Aufreißen der Schaumstruktur kommen. Eine Verbesserung der Oberflächeneigenschaften und eine erhöhte Temperaturfestigkeit des Materials können Abhilfe schaffen. Vor allem bei weicheren Materialien muss die Materialfestigkeit ausreichend sein, um Druck- und Schaumstrukturunterschiede zu kaschieren.

Die **Tabelle** zeigt in der Übersicht die Eigenschaften für ein TPE-Compound



geeignet für das Schäumen und die Anwendung im Fahrgastinnenraum. Das Material ist sehr gut kombinierbar mit Polypropylen (PP). Als Verbund ergeben die beiden Thermoplaste ein sortenreines System. Für einen potentiellen Serieneinsatz sind allerdings noch weitere Prüfungen zum Beispiel zur Abrieb-, Kratz- und Cremebestän-



Bild 5. TPE-Schaummuster mit PP-Träger, gefertigt im 2K-Schaumspritzgießen: Das Verfahren ermöglicht die Herstellung von weichen ansprechenden Sichtbauteilen für das Automobilinterieur. © GK Concept

digkeit sowie dem Reinigungsverhalten notwendig.

Der CO₂-Fußabdruck wird in naher Zukunft ein Parameter für die Vergabe neuer Projekte werden. Im ersten Schritt wurde im Projekt die CO₂-Bilanz der TPE-Komponente betrachtet. Der allergrößte Teil der für den CO₂-Fußabdruck relevanten Emissionen stammt aus der Produktion der Rohstoffe (**Bild 2**). Die Kommunikation entlang der Lieferkette ist entscheidend für die Erstellung zuverlässiger Kennwerte. Mögliche Emissionseinsparpotenziale können daraus ermittelt werden. Allerdings ist für eine sinnvolle Vergleichbarkeit eine Verbesserung

der normativen Rahmenbedingungen erforderlich.

Die Haptik der TPE-Oberfläche kann außer über die Materialgrundhärte über den Öffnungshub maßgeblich beeinflusst werden. Mit zunehmendem Öffnungshub reduzieren sich die Eindruckkräfte (**Bild 3**) und die Dichte. Für eine angenehme Haptik hat sich eine Dichte von maximal 50 % der Kompaktdichte als zielführend erwiesen. Die maximal möglichen Öffnungshübe im Mucell-Verfahren ohne Reißen der Zellen betragen bis zu dem Vierfachen der Startwanddicke, woraus sich eine Dichtereduktion auf bis zu 20 % der Kompaktdichte ergibt.

Gewichtseinsparungen von bis zu 80 %

Mit den Modifikationen an Material, Prozess und den weiteren Einflussgrößen konnten weiche TPE-Teile mit homogener Schaumstruktur und schlierenfreier Oberflächen gefertigt werden (**Bild 4**). Die Verarbeitung dieser Konfiguration in einem 2K-Prozess auf einem PP-Träger (**Bild 5**) bestätigt das Anwendungspotenzial für weiche Oberflächen im Sichtbereich.

Mit der vorgestellten Entwicklung können die Prozessschritte bei der Herstellung geschäumter Sichtbauteile mit angenehmer Haptik im Automobilinterieur reduziert werden. Zusätzlich sind in der Schaumkomponente, im Vergleich zu Kompaktmaterial, Gewichtseinsparungen von bis zu 80 %

erreichbar. Das bietet im Hinblick auf aktuelle Umweltdiskussionen einen deutlichen Vorteil. Durch die Verwendung kompatibler Thermoplaste kann das Bauteil am Ende der Lebenszeit als sortenreines System dem Kreislauf wieder zugeführt werden. Wegen der weichen angenehmen Oberfläche und der sehr guten Eignung für das 2K-Spritzgießen eignet sich das Verfahren besonders für Interieur-Bauteile wie Türbrüstungen sowie Arm- und Knieauflagen. Auf Basis der Simulationsergebnisse wird zukünftig eine Prognose der zu erwartenden Schaumqualität anhand von Prozesssimulationen möglich. ■

Info

Autoren

Dipl.-Ing. Jana Horn leitet die Entwicklung bei GK Concept in Dresden; j.horn@gkconcept.de

Manuela Gehringer ist in der Entwicklung für Allod Werkstoff in Burgbernhem tätig.

Alexander Heinze arbeitet in der Anwendungsentwicklung von Allod Werkstoff.

Dipl.-Ing. Sebastian Pirl ist in der Entwicklung von GK Concept tätig; s.pirl@gkconcept.de

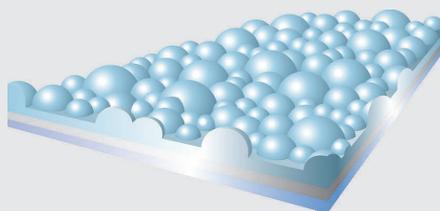
Literatur & Digitalversion

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

topocrom

TOPOCROM® beschichtete Spritz-Werkzeuge zeigen gegenüber konventionellen Beschichtungen:

- bessere Entformbarkeit
- bis zu 30 % schnellere Zykluszeiten
- weniger oder keine Trennmittel nötig
- weniger Druck und Kraftaufwand beim Entformen
- günstigere Wärmeverteilung an der Werkzeugoberfläche
- hohe Verschleiß- und Korrosionsfestigkeit



Beschichtung von Extrusions-Werkzeugen

schneller, effizienter und mit bemerkenswerten Eigenschaften.

Topocrom GmbH, Hardtring 29, D-78333 Stockach
info@topocrom.com, www.topocrom.com

Kostengünstige Aufbereitung nach Schichtverschleiß