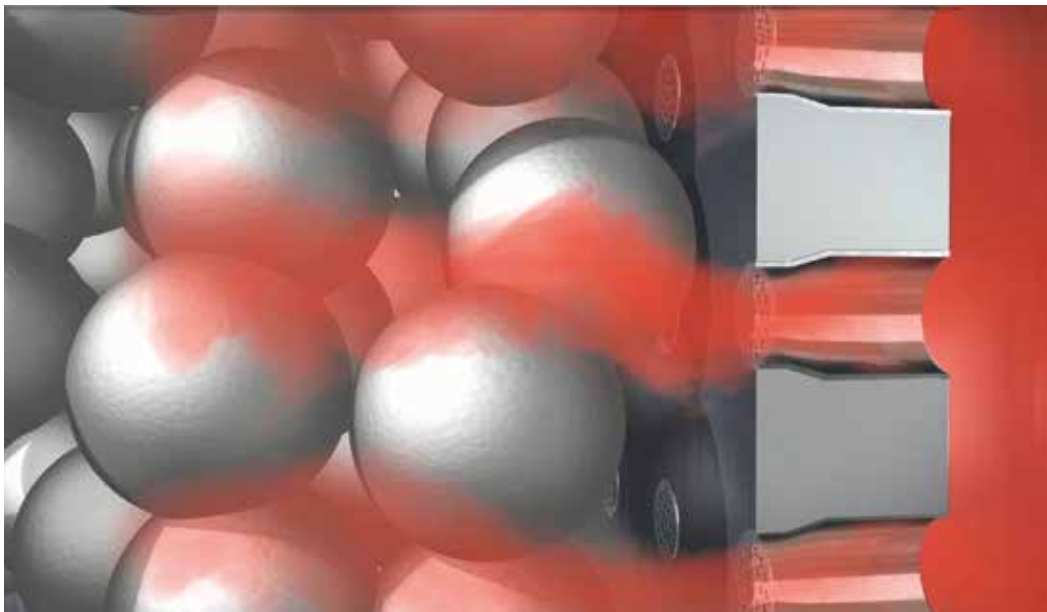


Luftnummern

Partikelschäume verbünden sich mit Thermoplasten zu Sandwich-Strukturen und montagefähigen Leichtbauteilen

Das Potenzial von Partikelschaum und folglich auch von Partikelschaum-Sandwich-Strukturen wurde in der Vergangenheit vielfach schlicht verkannt. Mit der Einführung des Partikelschaum-Verbund-Spritzgießens und den sich daraus ergebenden ersten Anwendungen setzt langsam ein Umdenken ein. Von Interesse ist vor allem das große Leichtbaupotenzial in Verbindung mit geeigneten Oberflächen und Deckschichten sowie mit integrierten Funktionen.



Mit bis zu 5 bar und 170°C durchströmt Dampf (hier rot kenntlich gemacht) die Schaumperlen, um sie zu einem homogenen Formteil zu verbinden

(Bild: Ruch Novaplast)

Auch wenn es uns nicht immer bewusst ist, haben wir mit Partikelschäumen direkt oder indirekt täglich zu tun. Während expandiertes Polystyrol (EPS) als Verpackungsmaterial, Isolierung oder als Trittschall-Bodenelement sowie in der Logistik weitgehend bekannt und sichtbar ist, wirken technische Teile aus Partikelschäumen überwiegend im Hintergrund, versteckt und kaum sichtbar. Dabei ist das Anwendungsspektrum dank der besonderen Eigenschaften dieser etwas verkannten Werkstoffgruppe enorm vielfältig. Hervorzuheben sind die dynamische und statische Stoßbelastbarkeit, ihr geringes Gewicht sowie ihre hervorragenden thermischen Dämmeigenschaften.

Vielfältige Anwendungsperspektiven

Im Automobilbau wirken die Schaumstoffe u. a. als energieaufnehmende Pralldämpfungselemente in Stoßfängersystemen (**Bild 1**). Entsprechend geformte Teile dienen als Aufnahme für Werkzeug, Wagenheber oder abnehmbare Anhängerkupplungen. Längst bekannte Anwendungen sind Sonnenblenden und Kopfstützen. Jüngeren Datums sind hingegen Mittelkonsolen und Handschuhkästen sowie Türverkleidungen.

Bekannt sind auch Transportboxen, seien sie für den Pizzalieferdienst oder für den Transport von Transplantaten bestimmt. Ob heiß oder kalt – EPP-Partikelschäume tragen dazu bei, dass der Inhalt

solcher Boxen wohltemperiert und geschützt ans Ziel kommt.

Unverzichtbar sind Partikelschäume, wenn es um den persönlichen Schutz bei Stößen und Stürzen geht. Protektoren und besonders Helme sind ein wichtiges Anwendungsfeld, seien es klassische Fahrrad- oder Skihelme, Motorrad- oder auch Formel-1-Helme. Auch hier besteht die energieabsorbierende Schicht aus Partikelschaum (**Bild 2**).

Andere technische Anwendungen sind Gehäuse oder Chassissysteme, in die Komponenten eingelegt, eingeschoben oder eingesteckt werden oder im Schaum Lüftungs- und Kabelkanäle integriert sind. Gerade in der Gebäude- und Klimatechnik setzen sich Partikelschäume »



Bild 1. Stoßfängerkerne einst (links) und heute (rechts) sind typische Anwendungen für Partikelschäume im Nicht-Sichtbereich. Sie schützen beim Aufprall mit geringer Geschwindigkeit den Frontbereich des Wagens und dienen dem passiven Fußgängerschutz (Bilder: Ruch Novaplast)

als Konstruktionswerkstoffe mehr und mehr durch. Denn geht es um Lüftungskanäle, spielen die dreidimensionale Gestaltung, Wärmedämmung und Energieeffizienz eine wichtige Rolle (**Bild 3**).

Ein Manko ist die wenig schöne Oberfläche, weshalb Partikelschäume vorwiegend versteckt eingesetzt werden. Übersehen werden bei dieser stiefmütterlichen Behandlung zahllose Möglichkeiten, die sich etwa aus der Kombination von Partikelschaum mit geeigneten Verstärkungsmaterialien und/oder mit anderen Verarbeitungsverfahren wie dem Spritzgießen oder dem Thermoformen ergeben können.

Vor diesem Hintergrund hat sich vor einiger Zeit das Kompetenznetzwerk Intelligente Leichtbau-Systeme (NILS, **siehe Infokasten**) gegründet. Ziel der vier spezialisierten Partner ist es, neue Material- und Verarbeitungsmöglichkeiten mit Partikelschäumen zugänglich zu machen und in wirtschaftliche Lösungen umzusetzen. Basis der Zusammenarbeit ist das Parti-

kelschaum-Verbund-Spritzgießen (PVSG), bei dem das Schäumen von EPS, EPP oder Copolymeren mit dem Spritzgießen von thermoplastischen Kunststoffen oder Elastomeren in einer Anlage verknüpft wird (siehe dazu **Kunststoffe** 12/2014, S. 38). Besonders in Verbindung mit textilen Verstärkungen oder eingebetteten elektronischen Bauelementen eröffnet der so entstehende Materialverbund neue funktionale Leichtbaulösungen. Darüber hinaus werden auch Lösungen gesucht (und gefunden), um die Oberflächen von Partikelschaum-Bauteilen so attraktiv zu machen, dass sie als Sichtteile angenommen werden.

Was ist Partikelschaum? Man sagt: „in Form gebrachte Luft“

Bei Partikelschäumen handelt es sich um ein aufgeschäumtes thermoplastisches Granulat. Vielfach wird auch von Schaumperlen gesprochen. Sie haben Dichten im Bereich von 15 bis 80 kg/m³ und zeichnen sich durch sehr gute spezifische mechanische Eigenschaften, eine hohe thermische Isolierfähigkeit und ein enormes Leichtbaupotenzial aus.

Das Granulat wird normalerweise mit Druckluft in das Werkzeug eingefüllt und mit Wasserdampf aufgeschäumt. Dabei verschweißen oder verschmelzen die Grenzflächen der Perlen miteinander und bilden einen homogenen Schaum. Es findet somit eine Teilplastifizierung des hoch luftgefüllten Granulats zu einer Deckschicht statt. Eine solche Schäumhaut ist etwa 100 µm dick (**Titelbild**).

Nach dem Aufschäumen wird das Formteil im Werkzeug auf Entformungstemperatur abgekühlt. Die entformten Teile müssen getempert werden, um die Feuchtigkeit aus der Zellstruktur zu entfernen bzw. um die Perlen zu stabilisieren. Abhängig von der Dichte der

Formteile kann dieser Fertigungsschritt mehrere Stunden dauern.

Schneidet man ein Partikelschaumteil auf, werden die Zellstrukturen als homogener Schaum sichtbar. Schaut man sich eine aufgeschäumte Perle unter dem Mikroskop an, wird deutlich, weshalb von „in Form gebrachte Luft“ gesprochen wird. Es offenbart sich eine sehr homogene Zellstruktur mit Zellen-Innenabständen von 100 bis 150 µm, die Zellwanddicke beträgt ca. 0,1 mm; daraus resultieren Luftfüllgrade von 90 bis 95 % mit den entsprechenden Bauteildichten.

Aus konstruktiver Sicht sind zwei weitere Aspekte interessant. So ist es mit Partikelschaum möglich, in einem Bauteil gleich mehrfach Wanddickenunterschiede von 5 bis ca. 150 mm abzubilden. Auch die Dichten lassen sich schichten, sprich: sind variabel. Das heißt, in einem Bauteil kann das Material neben-, aber auch übereinander gezielt unterschiedliche Dichten erhalten, die komplett miteinander verschäumt sind.

Modifizierte Materialien

Typische am Markt etablierte Materialien sind EPS, im Verpackungsmarkt bekannt als Styropor, aufgeschäumtes Polypropylen (EPP) sowie Copolymere etwa mit einer PS-PE-Struktur. Der Trend geht dahin, nahezu jeden Thermoplast für das Schäumen zu modifizieren, um etwa Eigenschaften wie höhere Temperaturbeständigkeit oder echte Elastomereigenschaften zu nutzen. Ein bekanntes Beispiel ist ein Sportschuh von Adidas mit einem E-TPU (expandiertes thermoplastisches Polyurethan), das 100 % Energie aufnimmt und wieder abgibt.

Seit kurzer Zeit steht ein zertifiziertes EPP (Typ: Neopolen PreFlam; Hersteller: BASF SE, Ludwigshafen) zur Verfügung, das höchste Brandschutzanforderungen



Bild 2. Kein Material schützt bei Stürzen so wirkungsvoll wie Partikelschäume; im Bild die Innenschale eines Hochleistungshelms aus EPP und EPS (Bild: Ruch Novaplast)

der Luftfahrtindustrie erfüllt. Neu auf dem Markt ist auch ein spezieller Hartschaum zur Herstellung komplexer Geometrien, für den das passende In-Mold-Foaming-Verfahren gleich mit entwickelt wurde. Das auf Polymethacrylimid (PMI) basierende Material (Typ: Rohacell Triple F; Hersteller: Evonik Industries AG, Essen) lässt sich in der gewünschten Dichte in einer Form zum fertigen Schaumstoffkern schäumen, wobei gleichzeitig Inserts eingelegt sein können. Interessant ist, dass das Material mit handelsüblichen Harzen kompatibel ist. Auch können thermoplastische Materialien, etwa als Deckschicht, direkt in die Form eingelegt werden.

Abgesehen vom Eigenschaftsprofil, das auf der Materialseite ohnehin ständigen Weiterentwicklungen unterliegt, spielt für die Akzeptanz noch ein anderer Aspekt eine Rolle: Bislang ist für das Partikelschäumen heißer Dampf erforderlich. Auch wenn man den damit verbundenen Energieeinsatz ausklammert, ist nicht davon auszugehen, dass sich ein Spritzgießer eine „Dampfmaschine“ in die Fertigung stellt. Das heißt umgekehrt: Sollen Partikelschäume neue Anwendungsgebiete erschließen, muss der Bearbeitungsprozess, aber auch das Material selbst auf den Prüfstand. Ziel muss sein, auf den Dampf weitgehend bis ganz verzichten zu können.

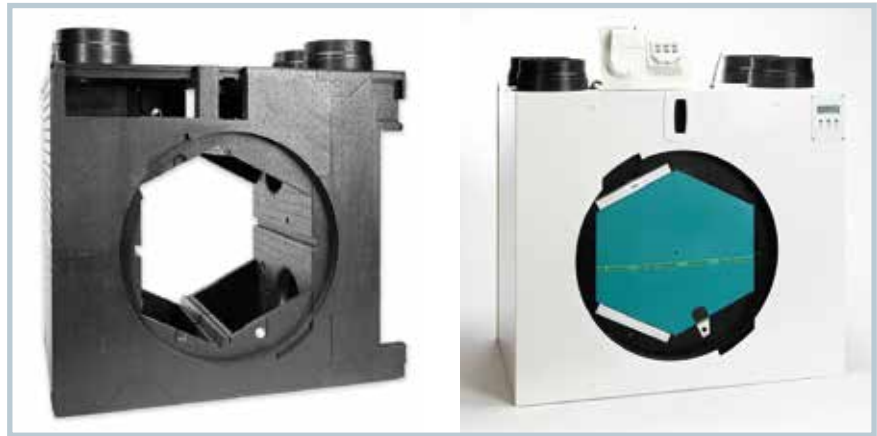


Bild 3. Die EPP-Formteile in diesem Lüftungsgerät nehmen Lüfter, Filter und Steuerungselemente auf, verringern das Gewicht des Geräts deutlich und verbessern die Servicefreundlichkeit (Bilder: Ruch Novaplast)

Wohin geht die Entwicklung, wohin sollte sie gehen?

Dass die Akzeptanz des Marktes noch zu wünschen übrig lässt, mag daran liegen, dass die Entwicklung geeigneter Verfahrenstechniken noch nicht so weit ist, wie es sich potenzielle Anwender vorstellen. Die warten auf serientaugliche Herstellverfahren für große Stückzahlen (**Bild 4**). Da Partikelschäume alleine nicht die gewünschten erweiterten Eigenschaften liefern können, sind Kombinationen mit anderen Materialien erforderlich – was

zugleich bedeutet, dass für eine wirtschaftliche Fertigung entsprechende Verfahrenskombinationen zu entwickeln sind. Fairerweise ist einzuräumen, dass das nicht einfach ist, zumal Partikelschäume durchaus sensibel sind, wenn es um höhere Temperaturen und Druckbelastungen während des Prozesses geht.

Mit dem Ziel, die Oberflächenqualität sowie die Befestigungs- und Montagemöglichkeiten von Partikelschaum-Formteilen zu verbessern, untersuchten die Entwickler zunächst eine Lösung mit einer variothermen Temperaturfüh-

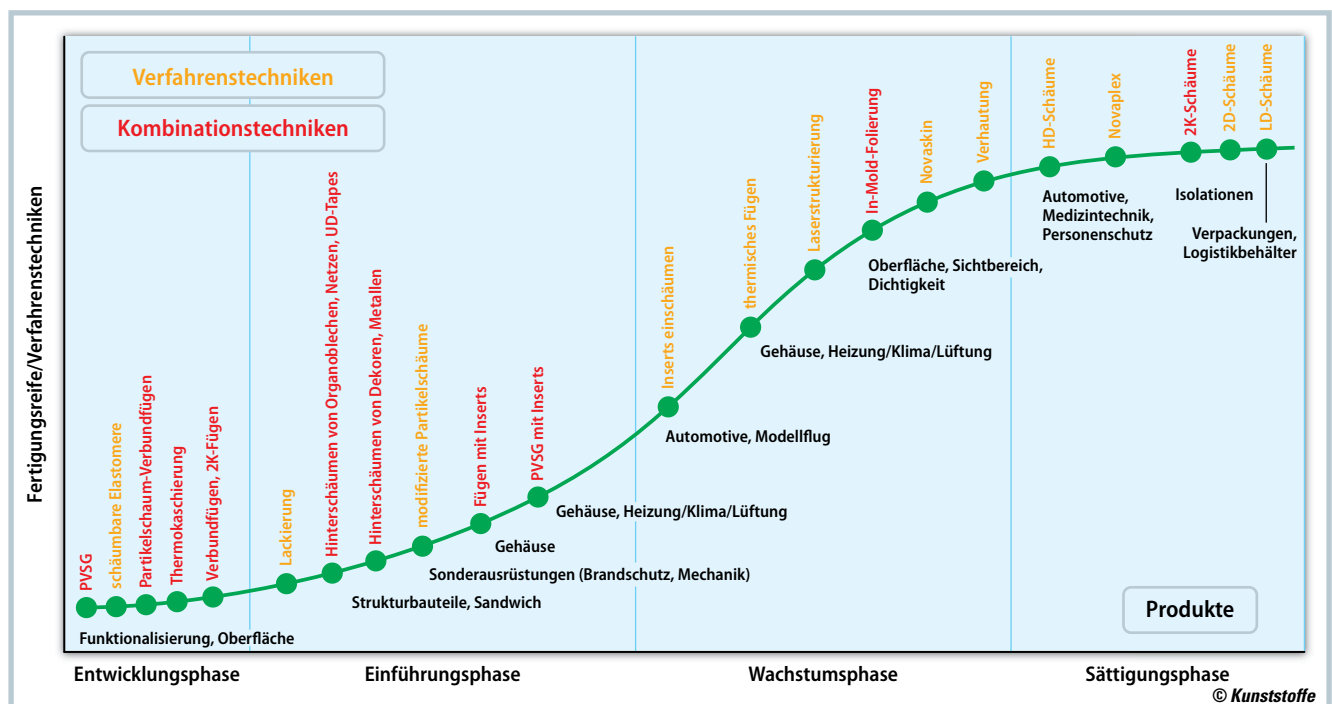


Bild 4. Lebenszykluscurve mit Partikelschaumverfahren und Kombinationstechnologien. Der Weg zu Serienanwendungen ist mitunter steinig

(Bild: Ruch Novaplast, E. Bürkle)



Bild 5. Dieser Technologieträger aus EPP besteht aus zwei Halbschalen, die durch ein Filmscharnier miteinander verbunden sind. Zur Montage enthält das funktionelle Leichtbauteil am Boden angespritzte Befestigungselemente

(Bilder: Krallmann)

zung. Diese Versuche fanden auf einer Schäumenanlage statt. Das erzielte Resultat erfüllte jedoch nicht die vom Spritzgießen gewohnten Erwartungen. Daraufhin entstand die Idee, Schaumteile direkt auf einer Spritzgießmaschine zu überspritzen. Das war die Geburtsstunde des Partikelschaum-Verbund-Spritzgießens (PVSG).

Bei dem auf der Fakuma 2012 von den Partnern Krallmann Gruppe, Hiddenhausen, Ruch Novoplast GmbH & Co. KG, Oberkirch, und Arburg GmbH + Co KG, Loßburg, erstmals vorgestellten Verfahren wird ein geschäumtes Formteil mit einem angespritzten thermoplastischen Kunststoff verbunden. Die Grenzflächen beider Komponenten verschmelzen hierbei zu einem stoffschlüssigen Materialverbund, der sich zerstörungsfrei nicht mehr lösen lässt. Damit das Schaumteil beim Anspritzen des Kunststoffs aufgrund der hohen Schmelztemperatur nicht kollabiert, muss der Schaum eine Mindestdichte haben. Die Kombination der beiden Materialien und Verfahren erweitert die Funktionalität der Bauteile und eröffnet ein weites Anwendungsspektrum (**Bild 5**).

Weiter akuter Entwicklungsbedarf

Mittlerweile sind erste PVSG-Projekte in die Serie übergegangen, z.B. medien-dichte Durchführungen für Leitungen oder Kabel in EPP-Gehäusen. Darüber hinaus erwies sich das PVSG als ideales Ausgangsverfahren für weitergehende Arbeiten. Im Wesentlichen sind es vier Themen, für die noch Entwicklungsbedarf besteht:

- Oberflächenqualität,
- Funktionsintegration,
- das Hinterschäumen von Spritzgussteilen sowie
- Leichtbaulösungen.

Um Bauteile aus Partikelschaum mit einer zufriedenstellenden Oberfläche herzustellen, bieten sich bislang verschiedene Ansätze an, insbesondere das sogenannte Verhauen, das Texturieren, das Folienhinterschäumen oder das Überspritzen auf einer Spritzgießmaschine. Das Verhauen geschieht im geschlossenen Werkzeug. Dazu wird die Werkzeugtemperatur kurzzeitig gezielt erhöht, wodurch der Schaum anschmilzt und verhautet, das heißt, er erhält eine geschlossene Oberfläche.

Texturieren beschreibt das Übertragen einer Struktur vom Werkzeug auf die Schaumteiloberfläche während des Schäumprozesses. Die Struktur wird zuvor mit einem Laser oder galvanisch ins Werkzeug „graviert“. Lasertexturen bieten einen großen Gestaltungsspielraum (**Bild 6**).



Bild 6. Die Lasertexturierung eröffnet einen nahezu unendlichen Gestaltungsspielraum, um die Oberfläche von Partikelschaumteilen zu veredeln

(Bild: T. Michel Formenbau)

Das Folienhinterschäumen ist im weitesten Sinne mit dem Folienhinterspritzen vergleichbar. Grundsätzlich lässt sich jedes thermoplastische, tiefziehfähige Material hinterschäumen, auch wenn vereinzelt ein Haftvermittler erforderlich ist, der im Prozess thermisch aktiviert wird. Letzteres gilt in jedem Fall für Metallfolien. Vorgeformte Folien lassen sich vor dem Hinterschäumen konturangepasst einlegen. Weitaus komplexer ist hingegen das Überspritzen eines Schaumbau-teils auf einer Spritzgießmaschine.

Mit der Funktionsintegration geht im Grunde die Funktionalisierung einher. Natürlich handelt es sich auch um eine Funktionalisierung, wenn Formteile aus Partikelschaum mit hochwertigen, funktionalen Sichtoberflächen versehen werden, um Eigenschaften wie optische Anmutung und Haptik zu kombinieren. Gleiches gilt für Inserts als integrierte Verbindungselemente.

Doch Partikelschäume bieten darüber hinaus weiteren enormen Spielraum, etwa das Hinterschäumen von spritzgegossenen Trägern mit funktionalen Schaumbereichen. Diese Verbundbauweise bietet sich für neue Anwendungen an. Wenn es gelingt, den Herstellprozess in einem Fertigungsschritt („in line“) zusammenzufassen, ergeben sich weitere Vorteile in puncto Energieeinsatz und Wirtschaftlichkeit.

Denkbar ist zudem das „Einschäumen“ beispielsweise von empfindlichen Sensoren und Elektronikbauteilen, von Aktuatoren oder Chips, die als Einlegeteile im Schäumwerkzeug platziert werden können. Vorteilhaft sind hier die schonenden Verarbeitungsbedingungen beim Partikelschäumen mit vergleichsweise niedrigen Temperaturen und geringem Druck. Natürlich sind auch andere Einle-

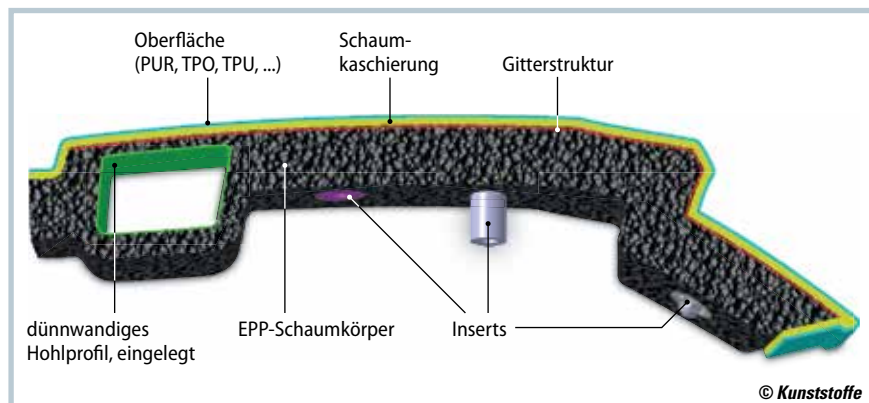


Bild 7. Das PVSG-Verfahren bietet sich an, um Funktionsintegration und Funktionalisierung auf wirtschaftliche Weise zu verwirklichen (Bild: GK Concept)

geteile für das Einschäumen geeignet, etwa Lüftungskanäle, sofern sie vollumgeschlossen im Schaum eingebettet sind.

Für Clips, Halterungen oder sonstige Befestigungselemente bietet sich hingegen das Ausgangsverfahren PVSG an, mit dem zunächst ein Zwischenprodukt (Krallmann-Marke: K-Fix) hergestellt wird: Dazu wird einem vorgefertigten Schaumring in einem Spritzgießwerkzeug das gewünschte Befestigungselement (oder ein Wanddurchführungselement aus PP) stoffschlüssig angespritzt. Das so entstandene Bauelement ist nun seinerseits ein Einlegeteil, das nunmehr in der Schäummaschine zu platzieren ist. Beim anschließenden Schäumen des Hauptbauteils, z. B. einer Dämmplatte oder einem Isolierkasten, verbinden sich die Partikel des eingelegten Bauelements wiederum stoffschlüssig mit den Partikeln des Hauptkörpers (Ruch Novaplast-Marke: Nova-Feed & Fix).

Für Leichtbaulösungen prädestiniert

Dass Partikelschäume besonders für Leichtbaulösungen prädestiniert sind, liegt auf der Hand. Für das ein- oder beidseitige Kaschieren von Partikelschaum kommen vorgeheizte und/oder vorgeformte Organobleche, textile Verstärkungsstrukturen, Gelege, Tapes oder geflochtene Strukturen infrage, die aus Hybridgarnen aufgebaut sind. Dank des mitgeführten PP-Garns lässt sich beim Hinterschäumen eine stoffschlüssige Verbindung zwischen der Deckschicht und dem Partikelschaum erzeugen.

Von Vorteil sind bei solchen Werkstoffverbunden u. a. die charakteristischen physikalischen Eigenschaften der

Partikelschäume. Aufgrund ihrer geschlossenzelligen isotropen Struktur wird eine gerichtet eingebrachte Energie gleichmäßig in alle Richtungen verteilt. Überdies versucht die Schaumstruktur aufgrund ihres Rückstellvermögens, nach einer Deformation wieder in die Ausgangslage zurückzukehren.

Eine vielversprechende Verstärkungsalternative sind offene, thermoplastische, endlosfaserverstärkte mehraxiale Gitter. Mit solchen flexiblen Halbzeugen lassen sich Bauteileigenschaften gezielt lokal oder global verbessern. Auch hier können zusätzliche Funktionen, etwa durch eingelegte Sensoren, integriert werden (Bild 7).

Ausblick

Keine Frage, das potenzielle Anwendungsspektrum für Partikelschäume ist noch lange nicht ausgeschöpft. Mit Blick auf die Anforderungen der e-Mobility betrifft das insbesondere das Leichtbaupotenzial in Verbindung mit geeigneten Verstärkungsstrukturen und integrierten Funktionselementen. Allerdings besteht noch viel Entwicklungsbedarf, wobei hier die Kombinationstechnologien in den Fokus rücken.

Um zügig und ohne Umwege – sprich Fehlentwicklungen – ans Ziel zu kommen, sollten die beteiligten Kreise „fraktionsübergreifende“ Gespräche führen und ihre Zusammenarbeit intensivieren. Betroffen sind schlicht alle: Maschinen- und Rohstoffhersteller, Werkzeugbauer, Verarbeiter sowie für Grundlagenentwicklungen die Wissenschaft. Sinnvoll wird auch sein, sich der Designer anzunehmen, um grundlegende Kenntnisse für die Möglichkeiten und Grenzen der Werkstoffgruppe zu vermitteln. ■

Im Profil

Das Kompetenznetzwerk NILS – Netzwerk Intelligente Leichtbau-Systeme – verfolgt das Ziel, neue Leichtbauapplikationen und -prozesse serienreif umzusetzen. Um die vielschichtigen Möglichkeiten integrativer Leichtbaukonzepte zu bündeln und weiter zu entwickeln, haben sich die vier spezialisierten Partner GK Concept GmbH, Dresden, die Krallmann Gruppe, Hiddenhausen, die T. Michel Formenbau GmbH & Co. KG, Lautert, und die Ruch Novaplast GmbH & Co. KG, Oberkirch, zusammengeschlossen. Als Innovationsmentor betreut Dr.-Ing. Erwin Bürkle das Kompetenznetzwerk.

- » www.gkconcept.de
- » www.krallmann.de
- » www.michel-form.de
- » www.ruch.de

Assoziierte Mitglieder des Kompetenznetzwerks sind aktuell die Arburg GmbH + Co KG, Loßburg, die Festo Polymer GmbH, Sankt Ingbert, die Kistler AG, Winterthur/Schweiz, die Oechsler AG, Ansbach, sowie das Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik (ILK) an der TU Dresden. Darüber hinaus arbeitet NILS projektbezogen mit weiteren Hochschulen und Unternehmen zusammen.

- » www.nils-netzwerk.de

Die Autoren

Ingo Brexeler ist Geschäftsführer der Krallmann Gruppe, Hiddenhausen.

Dr.-Ing. Erwin Bürkle ist Vorsitzender des Kompetenznetzwerks NILS.

Roland Zeifang ist Geschäftsführer der Ruch Novaplast GmbH + Co. KG, Oberkirch.

Service

Digitalversion

- » Ein PDF des Artikels finden Sie unter www.kunststoffe.de/1211960