

Vom Baum zum Schaum

Serientaugliche Partikelschäume aus Celluloseester

Eine Alternative zu erdölbasiertem expandiertem Polystyrol können Partikelschäume auf Basis von nachwachsenden Cellulose-Derivaten sein. Im Rahmen eines Entwicklungsprojekts wurde aufgezeigt, dass sie sich in verschiedenen Schaumdichten auf konventionellen Anlagen herstellen lassen. Außerdem kommen die Werkstoffe ohne halogenhaltige Flammschutzmittel aus.



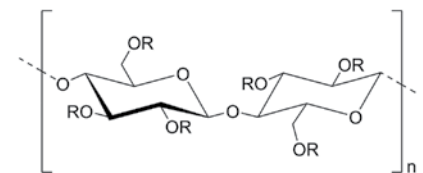
Mögliche Produkte aus CAB- und CP-Partikelschäumen. Die Matrixmaterialien basieren auf dem nachwachsenden Rohstoff Cellulose und umweltfreundlichen Additiven © Fraunhofer ICT

Nachhaltige Baumaterialien und halogenfreie Flammschutzmittel stehen zunehmend im Fokus öffentlicher Diskussionen. Daher haben es sich die poresta systems GmbH, Bad Wildungen, und das Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie ICT, Pfnitzal, im Rahmen eines öffentlich geförderten Projekts zum Ziel gesetzt, einen Partikelschaumstoff auf Basis nachwachsender Rohstoffe zu entwickeln. Er soll als Alternative zu erdölbasiertem expandiertem Polystyrol (EPS) dienen und ohne Verwendung halogenhaltiger Flammschutzmittel die Baustoffklasse B2 nach DIN 4102 erfüllen. Ziel war es, aus cellulosebasierten Biopolymeren

Schaumstoffpartikel zu entwickeln, die ähnlich wie EPS zu einem strukturstabilen Formteil mittels Wasserdampf versintert werden können. Das Forschungsinstitut stellte dafür seine umfangreiche Technikausstattung zur Extrusions- und Partikelschaumherstellung zur Verfügung. Der Industriepartner brachte seine langjährige Erfahrung in der industriellen Verarbeitung von Partikelschäumen sowie in der Konzeption von dafür erforderlichen Formteilwerkzeugen mit ein.

Um die Prozesskette zur Herstellung von expandierbaren biobasierten Granulaten und deren Weiterverarbeitung zu Formteilen zu untersuchen, wurden die

Polymerrohstoffe Celluloseacetobutyrat (CAB) und Cellulosepropionat (CP) ausgewählt:



CP: R = -CO-CH₂-CH₃

CAB: R = -CO-CH₃ und -CO-CH₂-CH₂-CH₃

Dabei handelt es sich um amorphe Thermoplaste, die durch Veresterung von Cellulose gewonnen werden. Sie weisen im Allgemeinen eine hohe Schlagzähigkeit sowie Transparenz auf. Darüber hinaus sind sie unempfindlich gegenüber Spannungsrissen und witterungsbeständig. Hinzu kommen hohe Kriechstromfestigkeit, elektrische Isoliereigenschaften, gute Hydrolyse- und Mineralölbeständigkeit sowie weitreichende Einfärbbarkeit [1]. Üblicherweise werden diese Polymere im Spritzgießprozess zu Alltagsgegenständen wie beispielsweise Brillengestellen oder Türgriffen verarbeitet.

Brandverhalten von thermoplastischen Schäumen

Die Faktoren, die Einfluss auf das Brandverhalten eines Schaumes haben können, sind in **Bild 1** dargestellt. Um massive Kunststoffe flammgeschützt auszurüsten, gibt es eine breite Palette von Flammschutzmitteln. Gerade in den letzten Jahren wurden diese durch zahlreiche halogenfreie Flammschutzmittel wie beispielsweise Metallhydroxide, phosphor-basierte oder stickstoffbasierte Flammschutzmit-

tel ergänzt. Die bei halogenfreien Flamm- schutzmitteln erforderlichen Einsatzmen- gen behindern bei Polymerschäumen je- doch den Expansionsprozess. Dies führt schnell zu negativen Auswirkungen auf Dichte, Schaumstruktur und mechanische Eigenschaften. Umfangreiche Unters- uchungen bei den Polymerschäumen aus CAB und CP bestätigen dies. Daher wurde die Partikelschaumherstellung und die daraus resultierende Schaumstruktur selbst optimiert, um das Brandverhalten zu verbessern.

Herstellung treibmittelbeladener, schäumbarer Granulate

Zur Herstellung von treibmittelbelade- nen Biopolymergranulaten wird der Kunststoff zunächst in einem Extruder (Typ: Leistritz Micro27-40D, Hersteller: Leistritz Extrusionstechnik GmbH, Nürn- berg) aufgeschmolzen, mit einem Treib- mittel versetzt und homogenisiert. Das Polymer-Gas-Gemisch wird anschließend in einem geschlossenen Kreislauf unter- wassergranuliert (UWG, Typ: Gala LPU, Hersteller: Gala Kunststoff- und Kau- tschukmaschinen GmbH, Xanten). Da- durch kühlt das treibmittelbeladene Gran- ulat ab und wird in einen Zentrifugal- trockner zum Abscheiden des Prozess- wassers gefördert (Bild 2).

Die Herausforderung in diesem Pro- zess ist das Verhindern eines thermischen Abbaus des Polymers in der Lochplatte. Die cellulosebasierten Polymere weisen aufgrund ihrer chemischen Struktur ein anderes thermisches Verhalten als Stan- dardpolymere wie Polystyrol oder Poly- propylen auf. Dies führt dazu, dass sich das Material in einer Standard-Mikrogran- ulat-Lochplatte ablagert und dort ther-

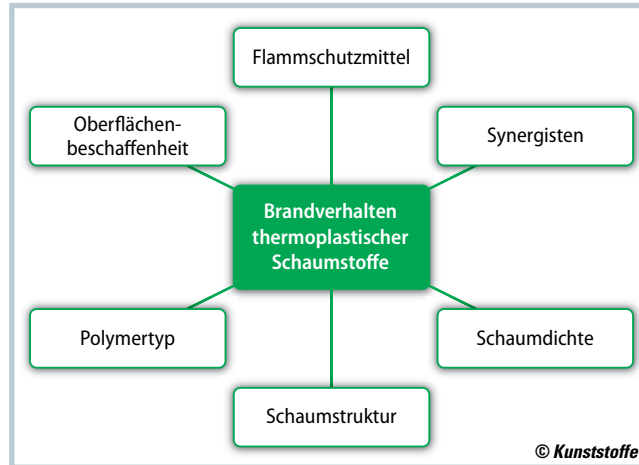


Bild 1. Einflussfak- toren auf das Brand- verhalten eines thermoplastischen Schaumes

(Quelle: Fraunhofer ICT)

misch abbaut. Um dieses Problem zu ver- hindern, wurde die Lochplatte neu kons- truiert. Dabei variierten Anzahl und Radi- en der Bohrungen, sodass die Lochplatte bei gleichbleibendem Durchsatz geeig- net durchströmt, ein optimierter Druck- abfall generiert und ein Materialabbau verhindert wurde.

Die so hergestellten treibmittelbelade- nen Granulate wurden auf industriellen Anlagen vorgeschäumt und zu Form- teilen versintert. Um möglichst niedrige Dichtebereiche zu erreichen, wurden Ver- suche mit verschiedenen Treibmittelge- halten und Wasserdrücken (UWG) durch- geführt. Diese Prozessparameter sind ent- scheidend für den Aufschäumgrad und die daraus resultierende Dichte eines thermoplastischen Schaums. In Bild 3 ist die Schüttdichte von vorgeschäumten CP-Granulaten in Abhängigkeit des Treib- mittelgehalts und des Wasserdrucks dar- gestellt.

Die Ergebnisse dieser Versuchsein- stellung zeigen, dass niedrige Dichtebereiche für CP vor allem mit hohen Treib-

mittelkonzentrationen erreicht werden können. Nach Beurteilung der Qualität der vorgeschäumten Granulate im indus- triellen Prozess wurde eine Verarbeitung mit 6 bar Wasserdruck und 8 % Treibmit- tel favorisiert. Bei der Verarbeitung von CAB werden die besten Ergebnisse mit einem verringerten Treibmittelgehalt von 6 % erzielt.

Parallel zur Prozessführung und Para- metereinstellung wurde die Materialre- zeptur hinsichtlich der verwendeten Nukleierungsmittel und weiterer Prozess- additive untersucht. Diese konnten letzt- endlich so eingestellt werden, dass bei daraus hergestellten Formteilen ab einem Dichtebereich von $\geq 40 \text{ kg/m}^3$ die Baustoffklasse B2 nach DIN 4102 erreicht wird.

Formteilherstellung im industriellen Maßstab

Die Verarbeitung treibmittelbeladener Granulate zu Formteilen wird schema- tisch in Bild 4 dargestellt. Auf Basis dieser Anlagentechnik wurde die Verarbeitbar- keit der treibmittelbeladenen CP- und CAB-Granulate zu Partikelschaumstoff in Form von Schaumblöcken (Abmessun- gen $1000 \times 500 \times 400 \text{ mm}$) sowie Schaum- platten (Abmessungen $1400 \times 1200 \times 10$ bis 110 mm) untersucht. Die Granulate wur- den auf einem diskontinuierlichen Vor- schäumer (Typ: Händle KVD 950 A, Her- steller: Händle GmbH Maschinen- und Anlagenbau) vorgeschäumt und zwis- chengelagert. Beim Vorschäumen der CP-Granulate konnten Schüttdichten von 33 bis 115 kg/m^3 , beim Vorschäumen gas- beladener CAB-Granulate Schüttdichten von 34 bis 136 kg/m^3 erreicht werden. »



Bild 2. Blick in die Extrusionslinie: Während der Her- stellung treibmittel- geladener Granulate galt es, die Qualität über Wasserdruck, Temperatur und Treibmittelgehalt möglichst optimal einzustellen

(© Fraunhofer ICT)

Die Autoren

Anja Schneider, Dipl.-Ing. (FH), arbeitet in der Gruppe Schäumtechnologien am Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie ICT, Pfinztal, anja.schneider@ict.fraunhofer.de

Florian Rapp, M. Sc., ist Teamleiter der Gruppe Schäumtechnologien am Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie ICT in Pfinztal.

Dr. rer. nat. Karl Iglhaut ist Leiter der Produktentwicklung bei der poresta systems GmbH, Bad Wildungen, karl.iglhaut@poresta.com

Andreas Michel arbeitet als staatlich geprüfter Techniker Fachrichtung Kunststoffverarbeitung in der Produktentwicklung bei der poresta systems GmbH, Bad Wildungen.

Dank

Der Dank der Autoren gilt dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) für die Förderung des Projekts.

Service

Literatur & Digitalversion

- Das Literaturverzeichnis und ein PDF des Artikels finden Sie unter www.kunststoffe.de/1326664

English Version

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

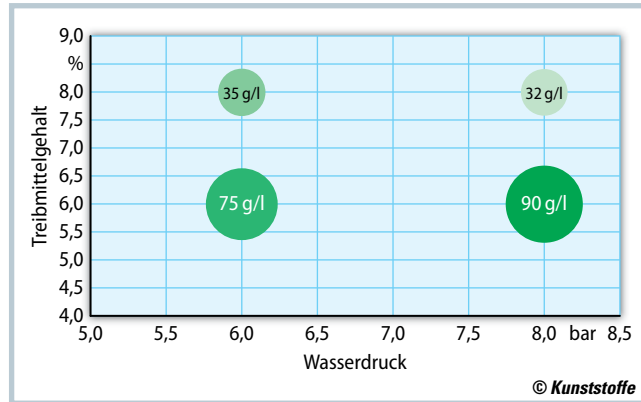


Bild 3. Schüttdichte von CP in Abhängigkeit von Treibmittelgehalt und Wasserdruck (Quelle: Fraunhofer ICT)

Aus den vorgeschäumten, treibmittelbeladenen CP- und CAB-Granulaten konnten Partikelschaum-Formteile mit Schaumdichten von 50 bis 90 kg/m³ in Form von Platten in verschiedenen Dicken prozesssicher unter Serienbedingungen hergestellt werden (Bild 5). Die mechanische Weiterverarbeitung der Partikelschaum-Formteile aus CP- und CAB-Schäumen ist vergleichbar zu der von expandiertem Polystyrol (EPS). Lediglich bei den thermischen Bearbeitungsverfahren kommt es zu einem stärkeren Abbau im Vergleich zu EPS. Dies ist darauf zurückzuführen, dass CP- und CAB-Schäume beim thermischen Bearbeiten einen höheren Schneidwiderstand entgegensetzen, wodurch sich die Schneidgeschwindigkeit verringert und der thermische Energieeintrag in das Bauteil erhöht wird. Die so hergestellten Formteile aus Partikelschaum wurden hinsichtlich ihrer technischen Eigenschaften charakterisiert, **Tabelle 1** gibt eine Auswahl wichtiger Kennwerte wieder.

Fazit

Mit CAB und CP als Grundpolymere lassen sich prozesssicher biobasierte Schaumstoffformteile auf industriellen Anlagen herstellen und weiterverarbeiten. Die mechanische Weiterverarbeitung wie Schneiden oder Fräsen der Formteile ist vergleichbar zu der von expandiertem Polystyrol (EPS). Durch angepasste Zellstruktur und Dichte der CAB- und CP-Partikelschäume sowie durch geeignete Verarbeitungsadditive gelingt es, auch ohne Flammschutzmittelzugabe die Schäume in einem Dichtebereich von 40 bis 90 kg/m³ nach Baustoffklasse B2 (DIN 4102) zu qualifizieren. Mit Matrixmaterialien auf Basis nachwachsender Rohstoffe und umweltfreundlichen Additiven werden Partikelschaumstoffe nachhaltiger und ressourcenschonender.

Die großtechnische Versinterung von vorgeschäumtem, treibmittelbeladenem

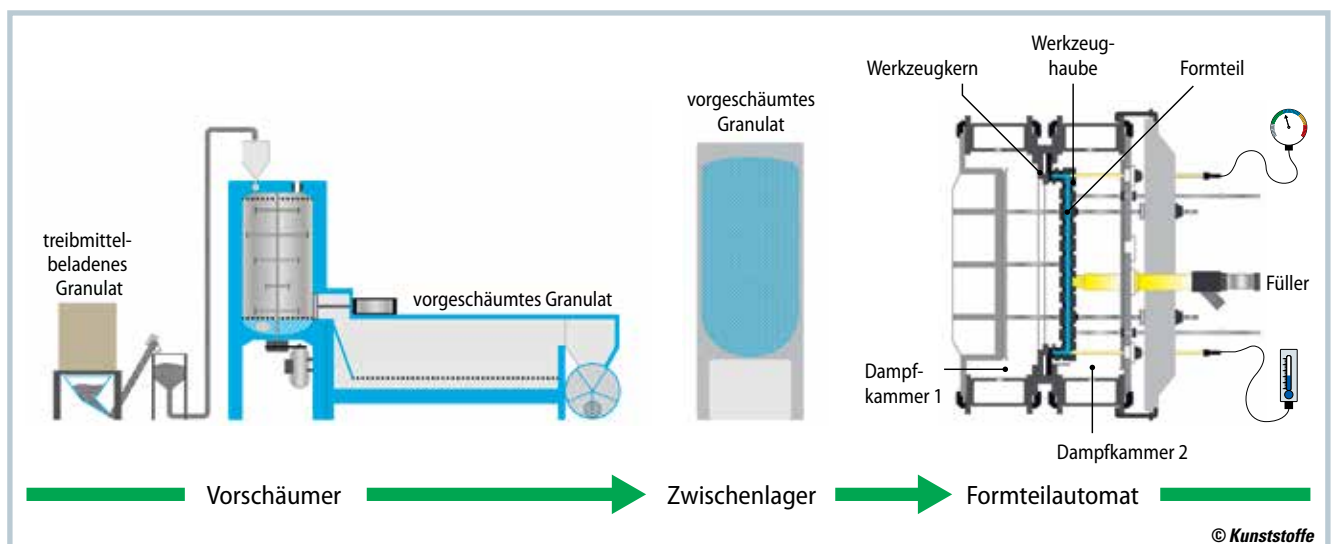


Bild 4. Schematische Darstellung des Herstellprozesses eines cellulosebasierten Partikelschaumformteils (Quelle: poresta systems, Kurtz)

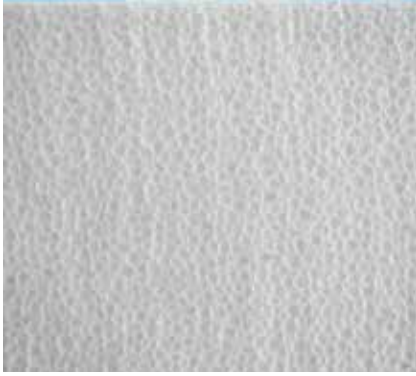


Bild 5. Querschnitt durch einen Partikelschaum aus Cellulosepropionat mit einer Dichte von 92 kg/m^3 (© poresta systems)

Granulat zu cellulosebasierten Formteilen ist bereits möglich. Allerdings bemisst sich die Kapazität zur Herstellung von expandierbaren, treibmittelbeladenen Granulaten derzeit noch an einer Techniksanlage. Für darüber hinausgehende Produktionsmengen müssen großtechnische Produktionsmöglichkeiten geschaffen werden.

Technische Eigenschaften		Partikelschaumstoff aus		
		CP der Dichte $81\text{--}89 \text{ kg/m}^3$	CP der Dichte $48\text{--}52 \text{ kg/m}^3$	CAB der Dichte $39\text{--}40 \text{ kg/m}^3$
Druckfestigkeit bei 10 % Stauchung DIN EN 826	[kPa]	359	164	186
Druck-Elastizitätsmodul DIN EN 826	[MPa]	12	5	8
Zugfestigkeit DIN EN ISO 527	[kPa]	450	180	210
Biegefestigkeit bei 20 mm Plattenstärke DIN EN 12089	[kPa]	710	226	265
Brandverhalten DIN 4102 freihängend	-	B2 Plattendicke $\geq 60 \text{ mm}$	B2 Plattendicke $\geq 40 \text{ mm}$	B2 Plattendicke $\geq 60 \text{ mm}$
Wärmeformbeständigkeit in Anlehnung an DIN EN 1605	[%]	< 4	< 4	-
Wärmeleitfähigkeit DIN EN 12667	[W/(mK)]	0,04	0,036	0,037

Tabelle 1. Übersicht der technischen und mechanischen Eigenschaften von CP- und CAB-Partikelschaumstoffen (© poresta systems)

Neben den allgemeinen Eigenschaften von Schaumstoffen, wie etwa Materialeinsparung durch niedrigere Dichte und hohes Leichtbaupotenzial, weist der entwickelte Biopolymer-schaum eine signifikant höhere Wärme-

formbeständigkeit im Vergleich zu EPS auf. Dadurch bieten sich weitere Anwendungsfelder wie z. B. Wärmeisolationmaterialien für höhere Temperaturbereiche oder die Verkleidung von Aggregaten an. ■