

# Den gordischen Knoten durchschlagen

## Ein Start-up und fünf Partner entwickeln eine dampffreie Prozesskette zur energieeffizienten Verarbeitung und In-situ-Funktionalisierung von Partikelschäumen

Bislang stand außer Frage, dass die Verarbeitung von Styropor und ähnlich zellulären Materialien aufwendige Prozesse mit Wasserdampf verlangt. Zwei Ingenieure haben nun eine Trockenlösung entwickelt, die den Energieverbrauch deutlich reduziert. Einen serientauglichen Ansatz, wie Schäume der Automobilindustrie neue, händelringend gesuchte Leichtbauperspektiven eröffnen könnten, liefern die beiden gleich mit.

**F**ünfzig Jahre hat man in der Fertigung von Formteilen aus expandierenden thermoplastischen Werkstoffen damit leben müssen, treibmittelhaltiges Mikrogranulat mit Wasserdampf aufzublähen, die nassen Schaumperlen zu trocknen, die nun superleichten Kügelchen nach dem Transport zur Verarbeitungsstation im Werkzeug – erneut mit Wasserdampfbehandlung – zu einer x-beliebigen Geometrie zu verbacken und das Ganze bei Bedarf wieder zu entfeuchten. Wie die Energiebilanz auf diesem Weg ausfällt, dürfte jedem einleuchten. Warum also nicht einfach mal die Welt neu erfinden?

Die Rede ist hier, Leichtbauspezialisten, Dämmstoff- und Verpackungshersteller ahnen es längst, von Partikelschäumen – porösen Werkstoffen, die mit dem in den allgemeinen Sprachgebrauch übernommenen Markennamen Styropor einige Berühmtheit erlangt haben. Seitdem expandiertes Polystyrol (EPS) 1950 als erster Vertreter der Zunft patentiert wurde, blieb die Materialauswahl auf diesem Gebiet überschaubar. Expandiertes Polypropylen (EPP) und Polyethylen (EPE) zeichnen sich wie EPS (seit Mai 2014 auch als Airpop bezeichnet) durch eine enorm niedrige Dichte aus, die sich bis herab auf 10 g/l gut einstellen lässt.

### 98 Prozent Luft, in Kunststoff gehüllt

Die Zellstruktur des Materials, in dem bis zu 98% Luft eingeschlossen sind, erklärt auch dessen hervorstechende Eigenschaften wie geringe Wärmeleitfähigkeit und hohe Energieabsorption. Die isolie-



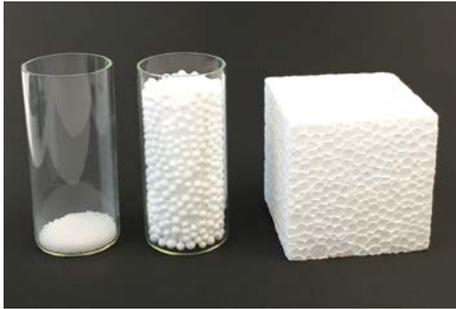
Dampffrei produzierter EPS-Demonstrator („Filli Future“) mit  $\mu$ -genauer Oberflächenstrukturierung, rückseitigem PS-Foliendekor sowie schonend umschäumter Funktionseinheit mit Neodymmagneten, LED-Array, Steuerungsplatine und induktiver Ladeschleife (© FOX Velution/B. Girg)

rende und stoßdämpfende Wirkung spiegelt sich in den gängigen Anwendungen: Partikelschäume werden zur thermischen Gebäudedämmung, als Transportverpackung für Elektrogeräte und Lebensmittel oder in Sport- und Schutzhelmen verwendet. Erst 2012 brachte die BASF ein expandiertes thermoplastisches Polyurethan (E-TPU) auf den Markt, das mit seiner Elastizität deutlich von den mechanischen Eigenschaften der oben genannten Typen abweicht und z. B. als Sohle in Sportschuhen Anwendung findet.

Den genannten Vorzügen stehen prägnante Nachteile gegenüber, allen vor-

an der mehrstufige Verarbeitungsprozess und die Beschränkung auf Einsatztemperaturen von nicht mehr als 100 °C, wenn man von speziellen Strukturschäumen (z. B. Polymethacrylimid) absieht. Auch das, was Kunststoffe in vielen Branchen sonst so erfolgreich macht, namentlich Funktionalisierung und Dekoration, ist mit solchen Materialien aufgrund der dampfbasierten Verarbeitung nur in engen Grenzen möglich. Ein Start-up ist nun dabei, die bisher gültigen Gesetze dieser Werkstoffklasse auszuhebeln.

Wenn sie nicht, wie nun seit Monaten, von Termin zu Termin hasten und ver- ➤



Das Vorschäumen von PS-Mikrogranulat (links) und das Verschweißen der Schaumperlen (Mitte, gleiche Masse) zum EPS-Formteil erfolgt bis dato mit Wasserdampf (© NMB)



Werkzeugfallender Leichtbau mit Partikelschäumen: Jörg Vetter und Mirjam Lucht, geschäftsführende Gesellschafter von FOX Velution, mit Sandwichplatten, die in einem dynamisch temperierten Formschaumwerkzeug (rechts) gefertigt wurden

(© FOX Velution/B. Girg)

blüfften Gesprächspartnern der Automobilindustrie und Kunststoffherzeugung von ihrer Innovation berichten, kann man Mirjam Lucht und Jörg Vetter, die geschäftsführenden Gesellschafter der in Nürnberg eingetragenen FOX Velution GmbH, in Lichtenfels treffen. Dort, unter dem Dach des auf Spritzgieß-Sonderverfahren spezialisierten Werkzeugbaus Hofmann, betreiben die beiden Ingenieure ein Technikum. Und demonstrieren – Vorhang auf: eine komplett dampffreie Prozesskette zur energieeffizienten Verarbeitung thermoplastischer Partikelschäume vom Mikrogranulat bis zum Formteil oder funktionalisierten Sandwich.

### Anfängliche Skepsis überwunden

Um aus ihrer Idee ein praxistaugliches Verfahren im Serienmaßstab zu entwickeln, haben die beiden Gründer eine Reihe namhafter Partner mit ausgewiesener Expertise um sich geschart. Dazu zählen zuvorderst Hofmann und der Sondermaschinenbauer Fill, zugleich einer der Gesellschafter der FOX Velution. Franken und Oberösterreich bilden als Sitz dieser drei Unternehmen nicht zufällig die An-

fangsbuchstaben des Start-ups, Vetter und Lucht haben sich im zweiten Teil des Firmennamens verewigt. Und das X? „Das steht für ‚Cross-border Engineering‘ über Werkstoff-, Verfahrens- und Anwendungsgrenzen hinaus“, so Vetter, eindeutig das forschere Naturell des Duos.

Ihren Anfang nahm diese Geschichte, als der Hersteller eines hoch temperatur- und druckstabilen Strukturschaums vor einigen Jahren Fill beauftragte, einen Laborprozess zur energieeffizienten, direkt formgebenden Verarbeitung zu industrialisieren. Vetter, damals in Diensten des finidigen österreichischen Lösungsanbieters, und Lucht, die als externe Werkzeugexpertin eingebunden war, erdachten und evaluierten trockene Alternativprozesse. Angesichts des sich abzeichnenden Anwendungspotenzials fassten sie einen Entschluss: „Wir müssen das, was wir in diesem Projekt erfolgreich umgesetzt haben, auf andere Partikelschäume übertragen.“

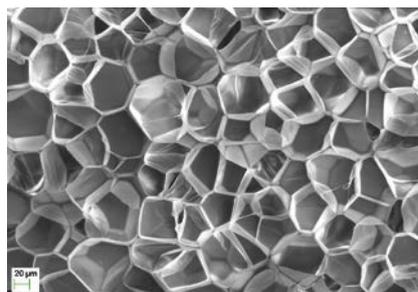
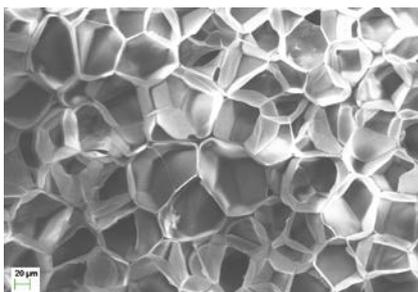
Andreas Fill, Geschäftsführer des Sondermaschinenbauers, unterstützte im März 2015 den Schritt in die Selbstständigkeit: „Wir brauchen solche Freigeister und leben von Synergien aus unterschiedlichen Industriezweigen. Mit dieser Entwicklung

ist der Grundstein gelegt für viele Produkte, die wir noch gar nicht kennen.“ Andersorts überwogen die technischen Bedenken derer, die „schon Vieles versucht“ hatten. Doch auch Skeptiker konnten sich auf der internationalen Leitmesse K im Oktober 2016 in Düsseldorf von den dampffrei produzierten Anschauungsmustern der FOX Velution überzeugen.

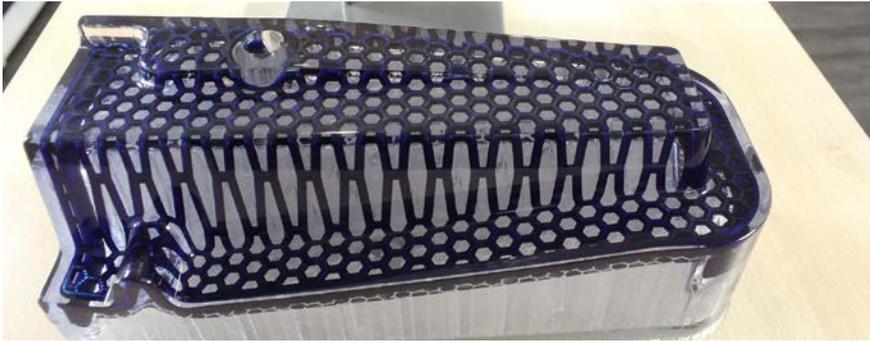
### Vorne rieselt's, hinten schneit's

Wer die riesigen Dampfreaktoren kennt, in denen das mit Pentan beladene Polystyrol-Mikrogranulat bei EPS-Verarbeitern batchweise vorgeschäumt wird, mag kaum glauben, was er in Lichtenfels zu sehen bekommt: „Vorne rieselt's, hinten schneit's“, kommentiert Jörg Vetter den kontinuierlichen Durchsatz der Laboranlage. Die Idee besteht im Kern darin, dass das auf ein Förderband dosierte Schüttgut einen speziell ausgelegten Infrarotofen durchläuft und die Granulatkörnerchen darin durch Strahlungsabsorption in kurzer Zeit die Temperatur annehmen, bei der das Treibmittel die erweichte Matrix wie einen Hefeteig aufgehen lässt. Was konventionell wenige Minuten dauert und oft einer nachfolgenden Konditionierung bedarf, läuft hier vollkommen trocken in fünf bis zehn Sekunden ab.

In dem vom Freistaat Bayern (im Rahmen des Programms „Neue Werkstoffe in Bayern“) geförderten Projekt „IR-PreFoam“ erarbeiten die Neue Materialien Bayreuth GmbH (NMB) und die Rygol Dämmstoffe GmbH auf Initiative und mit Unterstützung von FOX Velution seit Januar 2016 dazu wissenschaftliche Grundlagen. So zeigen Untersuchungen an EPS beispielsweise, dass die Streuung der Perlengröße mit dem dampffreien Verfahren kleiner ist.



„Fachwerkstruktur“ im REM: Gegenüber konventionell mit Dampf vorgeschäumtem EPS (links) weisen die strahlungsbasiert erzeugten Schaumperlen (rechts) bei gleicher Dichte eine fezzelligere Struktur auf, die eine höhere Steifigkeit und bessere Dämmeigenschaften bedingt (© NMB)



Kunststoffmodell eines 3D-gedruckten Variotherm-Werkzeugs. Blau dargestellt ist das verzweigte Kanalnetz der Flächentemperierung. Damit wird die Kavitätsoberfläche innerhalb von Sekunden auf Prozesstemperatur aufgeheizt bzw. wieder abgekühlt (© Hofmann)

Auch auf die späteren Gebrauchseigenschaften hat diese Art der Vorexpan- sion positiven Einfluss: „Dämmstoffher- steller kämpfen um jedes Prozent Wärmeleit- fähigkeit und Mechanik“, so Reinhard Pfal- ler, Vertriebsleiter bei Rygol. Eine höhere Dichte bedeutet meist höhere Festigkeit, aber ungewollt bessere Wärmeleitung – und umgekehrt. Das Projektconsortium konnte diesen gordischen Knoten durch- schlagen und beide Parameter gleichzei- tig verbessern. FOX Velution und NMB ge- lang es, die Morphologie der Schaumper- len bei konstanter Dichte so zu optimieren, dass bei identischem Rohmaterial und gleicher Schüttdichte höhere Druckkenn- werte sowie eine bessere Dämmung er- reicht werden konnten – und das bei sig- nifikant geringerem Energieverbrauch.

### Mit einem engmaschigen Kanalnetz dynamisch temperiert

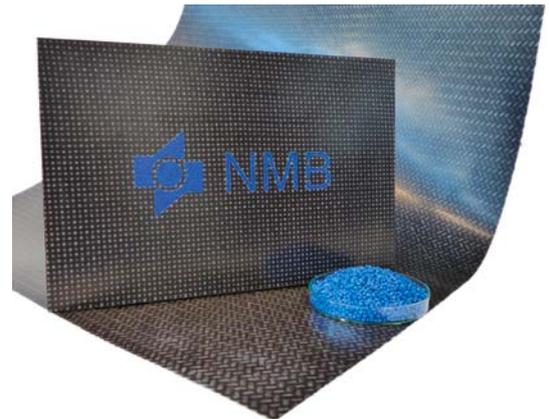
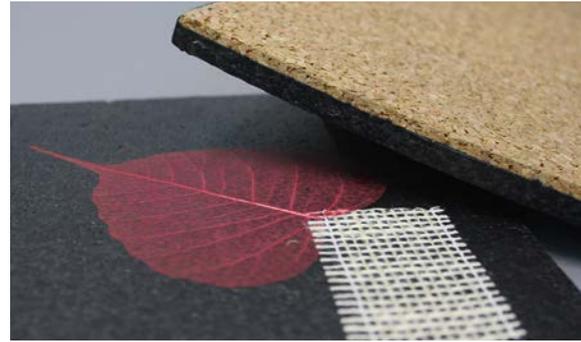
Auch der Schritt von den Schaumperlen zum Formteil ist im Lichtenfelser Techni- kum bereits etabliert. Um die Unterschie- de angemessen würdigen zu können, muss man sich den heutigen Stand der Technik vor Augen führen: Das Werkzeug wird in einem Formteilautomaten über Düsen mit Schaumperlen gefüllt und anschließend mit Wasserdampf durch- strömt, wodurch diese anschmelzen und miteinander verschweißen. Nach dem Kühlen der Kavität mit Wasser wird das Formteil entnommen. Berechnungen der NMB zufolge werden dabei im Extremfall bis zu 99% des Energieeinsatzes für die Werkzeugtemperierung ver(sch)wendet und teilweise nur 1% zum Fügen der Per- len genutzt.

Einen prinzipiell effizienteren Weg geht FOX Velution mit der dynamischen

Temperierung in einem geschlossenen System. Dazu verwenden sie 3D-gedruckte Werkzeuge, die im sogenannten Laser- Cusing-Verfahren schichtweise aus Me- tallpulvern aufgebaut werden. Dabei bleibt dicht unter der konturgebenden Oberflä- che eine verzweigte Kanalstruktur ausge- spart, die sich Hofmann vor Jahren als Flä- chentemperierung patentieren ließ. Da- runter liegt laut Geschäftsführer Günter Hofmann eine Stützstruktur, die dem Werkzeug eine größere Steifigkeit verleiht und aufgrund luftgefüllter Zwischenrä- me Wärmeleitungsverluste in den Grund- aufbau minimiert – sozusagen eine im Einsatz mitgedruckte Dämmstruktur.

Das Kanalnetz wird beim Formschäu- men wechselweise von heißem und kaltem Temperiermedium durchströmt. „Wenn man zum Heizen Thermalöl statt Wasser einsetzt, erweitert sich der Ar- beitsbereich von 180 auf etwa 300°C“, er- klärt Stefan Hofmann, ebenfalls Geschäfts- führer, und beziffert die bisher erreichten Heiz- bzw. Kühlraten auf bis zu 30 K/s. Und siehe da: Plötzlich können auch tech- nische Materialien wie E-PBT eingesetzt werden, ein Partikelschaum, den Bayreu- ther Forscher in den letzten Jahren entwi- ckelt haben und der höhere Temperatu- ren benötigt als sie mit Wasserdampf sinnvoll erreichbar sind. Wenn man dem Branchengeflüster glaubt, haben Roh- stoffhersteller weitere Schäume aus Kon- struktionswerkstoffen im Tresor, die jetzt trocken verarbeitet werden könnten. Man stelle sich nur Schaumperlen aus Polycar- bonat oder Polyamid vor und die damit verbundenen Möglichkeiten – nicht nur im automobilen Interieur, sondern auch unter der Motorhaube.

„Mit der dynamischen Temperierung erreichen wir mindestens ähnliche Zy-



Natürliche Dekormaterialien lassen sich eben- so dampffrei hinterschäumen wie hochfeste Sandwichstrukturen aus PP-GF-Laminaten (hier mit ausgefrästem Logo und EPP-Hy- bridschaumkern) herstellen (© FOX Velution, NMB)

luszeiten wie mit dem herkömmlichen dampfbasierten Verfahren“, sagt Mirjam Lucht. Man spart sich aber die komplette Infrastruktur für Erzeugung und Transport des Dampfes, das dafür benötigte Wasser sowie große Teile der Lagerkapazitäten für die produzierten Formteile, so die Dip- lomingenieurin weiter. Dennoch werden auslagernde Dämmstoffblöcke nicht von der Bildfläche verschwinden, denn die ansonsten geschätzten Materialeigen- schaften werden dem neuen Verfahren in einem Punkt zum Verhängnis: Da Schäu- me isolierend wirken, der Prozess aber auf Wärmeleitung basiert statt auf Dampf- konvektion, sind der erreichbaren Bauteil- dicke Grenzen gesetzt. „Unser Komfort- bereich liegt bei bis zu 15 mm, 25 mm trauen wir uns zu“, so Jörg Vetter.

### Leichtbau in Reinkultur

Der 48-Jährige relativiert das aber sogleich: „Wir wollen nicht Bisheriges substituieren, wir wollen ergänzen. Denn wir können etwas Anderes.“ Dann präsentiert er dem Besucher Muster, die insbesondere »

Durchlaufofen zum kontinuierlichen strahlungsbasierten Vorschäumen von expandierbarem Mikrogranulat im Technikum der **Neue Materialien Bayreuth** (© NMB)



Automobilzulieferer neugierig machen dürften: funktionalisierte Sandwichsysteme mit stabilen Schaumkernen, angeschäumten technischen Textilien oder Polymerfolien sowie Einlegern aller Art. „Zwei Decklagen, dazwischen schubsteife Luft, das ist Leichtbau in Reinkultur. Und wir können diese Teile in-situ funktionalisieren, also werkzeugfallend herstellen“, begeistert er sich.

Die Herstellung solcher Verbunde für strukturelle oder dekorative Anwendungen war bislang je nach Geometrie – insbesondere für dünnwandige, weitgehend geschlossene Strukturen – nur begrenzt möglich, weil „die meisten Verstärkungs- oder Dekorschichten nicht dampfdurchlässig sind“, ergänzt seine Kollegin. Ganz zu schweigen von den Abdrücken, die Dampfdufen auf Teilen der Formteiloberfläche hinterlassen. In einem Punkt sticht das dampffreie Formschaumen sogar das Spritzgießen aus: bei der Integration von Elektronik oder Sensorik. Hier habe man aufgrund der vergleichsweise moderaten Verarbeitungstemperatur und -drücke sowie der fehlenden Scherbelastung durch den Schmelzfluss eine gute Chance, neue Ideen umzusetzen.

Ein Messedemonstrator mit dem Technologiebotschafter „Filli Future“ des österreichischen Mitgesellschafters, präzise abgeformten Werkzeugkonturen sowie integrierten Magnethaltern und eingebetteter Signaleinheit ist ein erster Höhepunkt dieses Schaffens. Mirjam Lucht erklärt dazu: „Wir müssen die Elektronik nicht mal einhausen, sie wird sozusagen nackt umschäumt, ohne dass sie dabei Schaden nimmt.“

### Geprägt, verstärkt und dekoriert

Alle bisherigen Versuche waren erfolgreich, einerlei, ob als Kernmaterial ein EPS oder ein EPP und als Deckschicht eine bedruckte Folie, eine Korkplatte, ein Leinengewebe oder ein glasfaserverstärktes PPLaminat mit ausgefrästen Strukturen eingesetzt wurde. In Oberflächen können darüber hinaus „in-situ“ Strukturen nach Wunsch geprägt werden. Der einstufige Prozess ist somit kürzer als gängige Composite-Verfahren, in denen die zuvor pro-

duzierten Schaumkerne in einem zweiten Schritt, z.B. im Hochdruck-RTM- oder im Nasspressverfahren, mit Verstärkungslagen „verklebt“ werden.

Allerdings hat man sich bisher auf DIN-A4-Formate beschränkt. Dafür kann das variotherme Versuchswerkzeug mit seiner Tauchkante verschiedene Plattendicken abbilden. Prinzipiell sehen die Partner – mit Ausnahme der erwähnten Bauteildicke – keine Beschränkung, weder in der (dreidimensionalen) Komplexität noch in der Größe. Nun könnte man einwerfen, dass die Werkzeugabmessungen vom Bauraum heutiger Lasersinteranlagen begrenzt werden. Günter Hofmann widerspricht: „Diese Anlagen werden in Zukunft sicherlich größer werden. Außerdem prüfen wir derzeit ein Konzept, wie sich additiv gefertigte Werkzeugteile zu einem großen Ganzen fügen lassen.“

In jedem Fall nehmen die Partner das Thema in Angriff und den Markt ins Visier. So hat die NMB in Bayreuth vor kurzem eine von Fill gebaute Anlage zum Strahlungsvorschäumen von treibmittelbeladenem Mikrogranulat in Betrieb genommen. Diese integriert u.a. eine hochgenaue Dosieranlage von Schenck Process sowie spezielle IR-Emitter von Krelus und verfügt über eine Nennkapazität von 100 kg/h.

### Schaum auf Rädern?

Auch für Lichtenfels gibt es große Pläne: Aus dem kleinen Technikum soll binnen Jahresfrist eine Anlauffabrik werden, die Kundenteile im industriellen Originalmaßstab und mit hohem Automatisierungsgrad herstellt. „OEM und Zulieferer wollen natürlich mehr sehen als handliche Platten und wissen, was eine reale Produktionsanlage kostet und leistet“, so Vetter. Es sei durchaus geplant, den Anwendungsfokus vom automobilen Interieur bald auf tragende Strukturen auszudehnen.

Dass dafür Bedarf besteht, bezweifelt niemand im Entwicklungskonsortium. Die in China ab 2018 eingeführte Quote für Elektroautos, eine sich weiter verschärfende CO<sub>2</sub>-Gesetzgebung in Europa, die unakzeptable Diskrepanz zwischen Teststand und Realbetrieb bei den Abgaswerten – die Industrie braucht dringend Lösungen. Die Gründer der FOX Velution sehen es so: „Autos müssen ein Drittel leichter werden. Wir behaupten: Das geht nur mit Schaum.“ ■

Dr. Clemens Doriati, Redaktion

## Schlüsselpartnerschaften

Geteiltes Wissen gegen Versuchsequipment für gemeinsamen Erfolg, so könnte man die Zusammenarbeit zwischen den Entwicklern der FOX Velution und ihren Partnerunternehmen in eine Formel gießen. Oder wie die beiden Geschäftsführer Mirjam Lucht und Jörg Vetter es nach Henry W. Chesbrough nennen: Open Innovation. Die Beteiligten und ihre Rollen:

- Fill Gesellschaft m.b.H., Gurten/Österreich: automatisierte Sonderanlagen
  - Krelus AG, Oberentfelden/Schweiz: genau regelbare Infrarot-Strahler
  - Neue Materialien Bayreuth GmbH, Bayreuth: Werkstoff- und Verfahrensentwicklung im Themenfeld Leichtbau
  - Schenck Process Europe GmbH, Darmstadt: Komponenten für das präzise Wägen und Dosieren
  - Werkzeugbau Siegfried Hofmann GmbH, Lichtenfels: Formschäumwerkzeuge mit dynamischer Temperierung
- Hier gelten Wort und Handschlag, in einer Kooperationsform, wie sie wohl nur der Mittelstand leisten kann.

## Service

### Digitalversion

- Ein PDF des Artikels finden Sie unter [www.kunststoffe.de/2716330](http://www.kunststoffe.de/2716330)