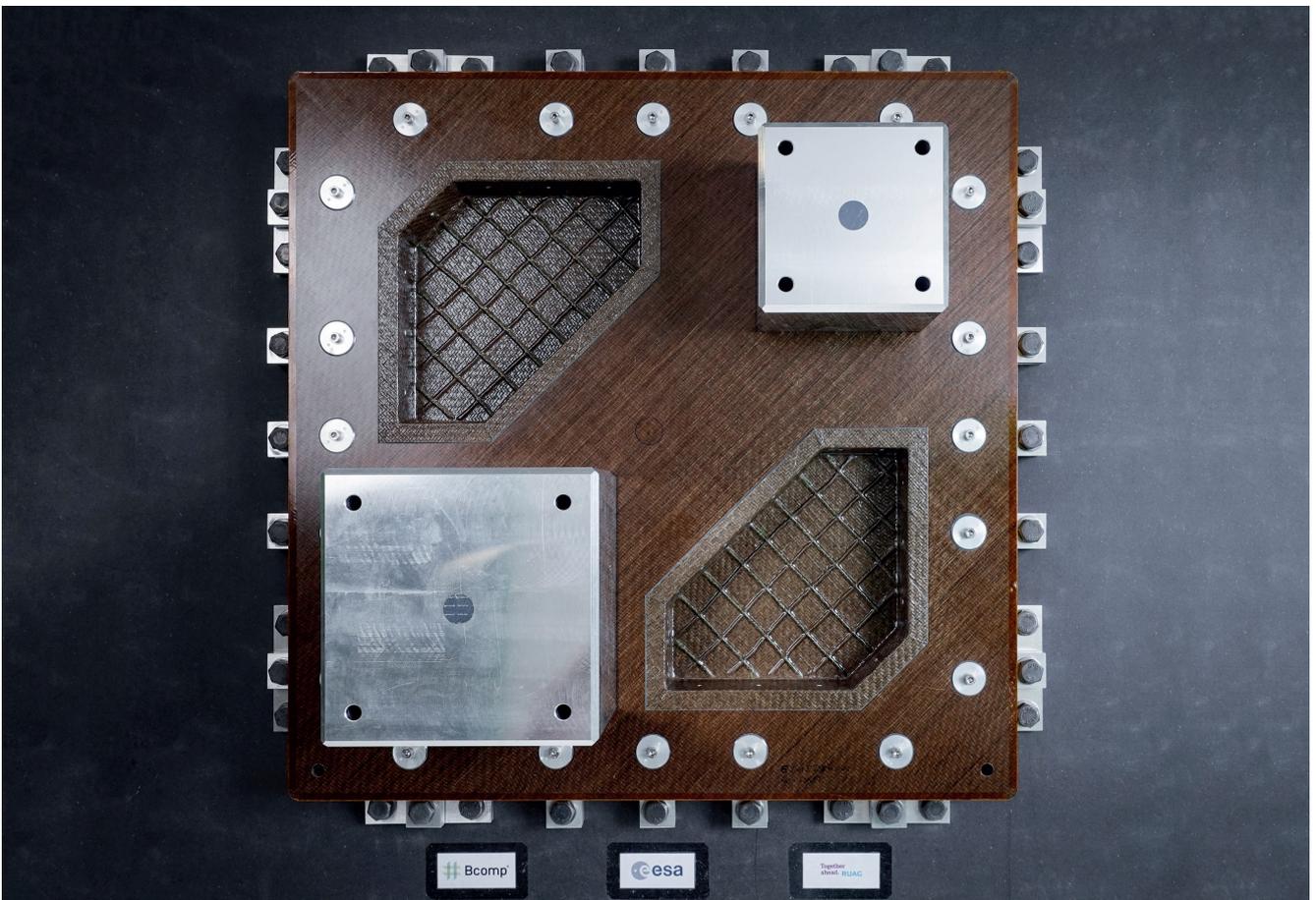


Composites setzen Trends im Leichtbau

Faserverbundkunststoffe beleben das Transport- und Bauwesen

Der Klima- und Verkehrswende kommen ausgeklügelte Faserverbundlösungen zugute. Für Marine, Infrastruktur und Schienenfahrzeugbau konkurrieren vielfältige Brandschutzkonzepte. Die Branche widmet dem Recycling größere Aufmerksamkeit.



Das erste naturfaserverstärkte Satellitenpanel ermöglicht eine sichere Weltraumerkundung und verglüht beim Wiedereintritt in die Erdatmosphäre vollständig © BComp

Durch Produktionsausfälle und stark zurückgehende Investitionstätigkeit ist auch der Composites-Bereich von der großen Unsicherheit der Corona-Krise betroffen. Ein maßgeblicher Teil der Lieferanten und Verarbeiter – allen voran die Luftfahrtindustrie – sind deutlich geschwächt worden. Das verdeutlicht ebenfalls der von Composites Germany, Berlin, ermittelte Composites-Development-Index, für den die Mitgliedsunternehmen der beteiligten Trägerverbände AVK, Frankfurt am Main, Leichtbau Baden-Württemberg, Stuttgart, und die VDMA

Working Group on Hybrid Lightweight Construction Technologies, Frankfurt am Main, befragt wurden. Die eigene Geschäftslage der Unternehmen wird schon seit über einem Jahr zunehmend negativ eingeschätzt [1], mit weiterem Abwärtstrend. In der derzeitigen wirtschaftlichen Instabilität sind zuverlässige weitere Prognosen außerdem nur schwer möglich.

Dennoch kann zukünftig von sehr dynamischen Entwicklungen in einzelnen Faserverbund-Segmenten ausgegangen werden. Bemerkenswert ist, dass glasfa-

serverstärkte Kunststoffe (GFK) nach vielen Jahren die kohlenstofffaserverstärkten Kunststoffe (CFK) als Trendsetter abgelöst haben, obwohl für 2020 von einem Rückgang ihres europaweiten Produktionsvolumens um ungefähr 13 % ausgegangen wird [2]. Es besteht außerdem die Hoffnung, dass sich in dieser außergewöhnlichen Zeit auch Trendwenden abzeichnen, beispielsweise zu nachhaltigeren Anwendungen, Prozessen und Materialien.

Sehr aktuell sind gegenwärtig die Themen öffentlicher Transport – werk-

stoffseitig sowohl mit Leichtbau als auch Brandschutz verknüpft – sowie die Schonung von Ressourcen, sei es durch langlebige Verbundwerkstoffe oder modernes Faserrecycling. Recht krisensicher erweist sich zudem die Baubranche, die mit vielen Composites-Entwicklungen aufwartet.

Außer an modernen Antriebskonzepten ist auch das Interesse daran groß, den Auto- und Lastwagenverkehr per se zu reduzieren. Der Transport von Waren und Personen soll etwa von der Straße auf die Schiene verlagert und der öffentliche Nahverkehr in der Stadt gestärkt werden. Für diese Entwicklungen sind Produkte aus Faserverbunden sehr gefragt. Vermehrt halten Kohlenstofffasern in diesen Leichtbaukonstruktionen Einzug. Dabei ist die lastpfadgerechte Faserorientierung ein Muss. Im Transportbereich hat beispielsweise die britische Far UK, Nottingham/Großbritannien, im Rahmen des Projekts „Brainstorm – Braided Novel Beam Structures with Opportunities in Railcar Manufacture“ einen modularisierbaren Prototypen für ein Schienenfahrzeug-Frontend konzipiert (Bild 1) [3].

Kostengünstige Flechtprozesse

Um Massereduktionen im Sinne des „very light rail“ (VLR) zu ermöglichen, was ein Maximalgewicht von 1 t pro laufenden Meter bedeutet, nahm das Team weitgehende Geometrieoptimierungen vor. Basis für das Spaceframe-Chassis sind Hybridrovings aus Thermoplasten und Glas- oder Kohlenstofffasern. Die in einem kostengünstigen Flechtprozess hergestellten Rohre haben zwar gleiche Außendurchmesser, verfügen aber je nach lokaler Belastung über unterschiedliche Wanddicken. Der Vorteil der miteinander verklebten und verschweißten Röhren besteht darin, dass bei einem Schaden ein lokaler Austausch eines Segments möglich ist.

Ein weiteres Beispiel ist eine vom Institut für Fahrzeugkonzepte des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR), Stuttgart, entwickelte kraftflussoptimierte Dachstruktur für Schienenfahrzeuge. Sie ist als 65 mm hohe Sandwichstruktur mit Deckschichten aus CFK sowie einem Schaumkern aufgebaut, der zugleich Isolationsfunktionen übernimmt (Bild 2) [4]. Das Dach besteht aus fünf unterschiedlichen Segmenten, die zur Fahrzeugmitte symmetrisch angeordnet und



Bild 1. Spaceframe für ein Stadtbahn-Frontend aus Flechtrohren: Um das Gewicht zu reduzieren, wurden umfassende Änderungen an der Geometrie vorgenommen © Far UK

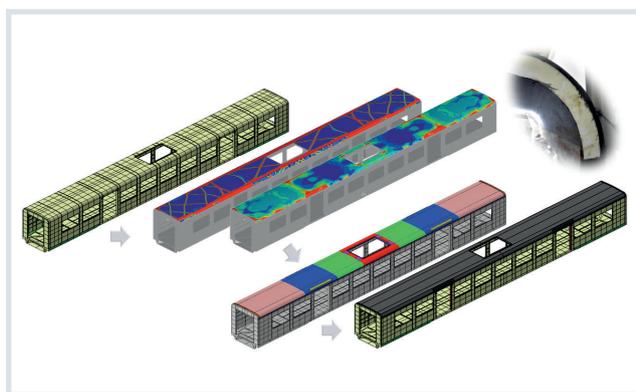


Bild 2. Methodischer Entwicklungsprozess für ein faserverbundintensives Schienenfahrzeugdach: Aus der Topologieverbesserung ergeben sich günstige Lastpfade. Die Free-Size-Optimierung bestimmt die Dicke der Faserlagen © DLR

jeweils wieder in zwei Langträgerbereiche und einen Decklagenbereich unterteilt sind. Mithilfe unterschiedlicher Lagenaufbauten und Faserorientierungen gelingt die Anpassung der Einzelsegmente an die jeweiligen lokalen Belastungszustände. Das Dach kann beispielsweise mittels Vakuuminfusion gefertigt werden. Im Fokus des zugehörigen Verbundprojekts faWaSiS steht zudem ein Structural-Health-Monitoring-System, das Schäden während des Betriebs erfassen und auswerten soll [5]. Bereits in einem ganzen Zug umgesetzt ist der Faserverbundleichtbau bei Cetrovo, einer Metrobahn, die fast vollständig aus CFK-Komponenten besteht [6].

Flammschutz bei Thermo- und Duroplasten

Anforderungen an den Flammschutz sind bei vielen Einsatzgebieten für Kunststoffe nach wie vor ein entscheidendes Kriterium. Verbundwerkstoffe mit duroplastischer Matrix sind dabei häufig im Vorteil. Schon seit Jahren bietet die Saertex

GmbH & Co. KG, Saerbeck, Baukastensysteme für den Brandschutz bei Composites an, die Verstärkungs- und Kernmaterialien sowie Harze und Schutzschichten umfassen [7]. Gegenwärtig wird ein Sandwichkonzept entwickelt, das be- ➤

Die Autorin

Dr. Eva Bittmann ist Geschäftsführerin des Sachverständigenbüros werkstoff&struktur und als vereidigte Gutachterin sowie freiberufliche Fachjournalistin tätig.

Service

Literatur & Digitalversion

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

English Version

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

sonders auf die Wandgestaltung großer Schiffe zugeschnitten ist (**Bild 3**). In den Sandwichaufbau ist die im Brandfall kühlende, auf Aluminiumtrihydroxid (ATH) basierende Verstärkungslage „Enex“ eingebracht. Dank dieser lokalen Wirkung können Infusionsverfahren mit ungefülltem Epoxidharz angewendet werden. Ein 3D-verstärkter Schaum hält im Brandfall durch integrierte Glasbrücken die Struktur aufrecht. Ein großes Plus für die Montage im Schiff sind die seitlich eingearbeiteten Glas-Metall-Hybridgewebe, die es ermöglichen, die Wandelemente herkömmlich anzuschweißen.

Aber auch thermoplastische Faserverbunde erfüllen hohe Brandschutzanforderungen. Bei dem UD-Tape Maezio der Covestro AG, Leverkusen, handelt es sich um ein mit Carbonfasern verstärktes Polycarbonat (PC), das sich neben sehr gutem mechanischem Verhalten durch eine geringe Entflammbarkeit auszeichnet. [8].

Auch wenn spektakuläre Neuentwicklungen anderes nahelegen, sorgen die preisgünstigen und etablierten Glasfasern nach wie vor für die Verstärkung

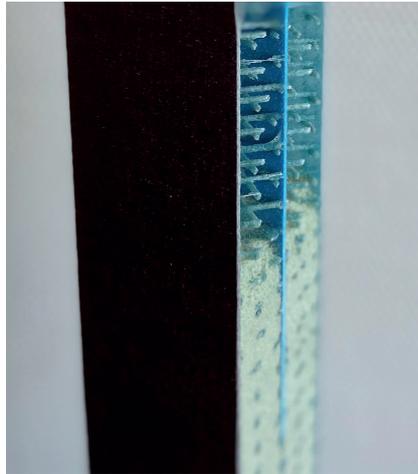


Bild 3. Herzstück eines integrierten Sandwichs für die Vakuuminjektion ist ein 3D-verstärkter Schaum mit der brandhemmenden Innenlage „Enex“ © Saertex

der meisten Faserverbundwerkstoffe. Die hochfesten und -steifen Kohlenstofffasern haben hingegen einen bemerkenswerten Aufstieg z.B. in Automobil- und Windkraftindustrie hinter sich. Manche Hersteller schätzen außerdem Basaltfasern wegen ihrer hohen Zugfestigkeit, verbunden mit guter Verfügbarkeit [9, 10]. Naturfasern werden bereits seit langem in Automobil-Innenanwendungen verwendet, wo sie als formgepresste Fasermatten mit thermoplastischen oder duroplastischen Bindern zum Einsatz kommen. Seit Jahren zeichnen sich neue Einsatzgebiete insbesondere für leistungsfähigere Naturfaser-Composites ab. Eine hochwertige, nicht-abrasive Alternative zu Glasfasern stellen dabei Cellulosegeneratfasern dar (**Kasten**).

Naturfasern für Satelliten

Endlos naturfaserverstärkte Satellitenkonstruktionen profitieren von der Fasereigenschaft, bei der Rückkehr aus dem Weltall komplett zu verbrennen, eine aktuelle Anforderung der ESA (European Space Agency) im Rahmen des „design for demise“. Dank der sogenannten PowerRibs-Verstärkung, im **Titelbild** sichtbar in den vertieften Bauteilzonen, hat die Konstruktion genügend Festigkeit, um sensibles Equipment unter den hohen Kräften beim Raketenstart sicher zu transportieren [11]. Die hohe mechanische Dämpfung und die geringe Wärmedehnung stellen die Konkurrenzfähigkeit des flachfaserverstärkten Epoxids gegenüber CFK sicher.

In den werkstoffseitig eher traditionellen Bausektor kommt gegenwärtig Bewegung. Treiber dafür sind Konzepte für bezahlbaren Wohnraum sowie Forderungen nach einer höheren Gebäudeeffizienz. Die sogenannte TextureWall der Lamilux Heinrich Strunz Holding GmbH & Co. KG, Rehau, ist eine faserverstärkte Kunststoffplatte mit Putzstruktur [12]. Die als durchgehende Rolle verfügbare, UV- und witterungsbeständige Variante für die Fassadengestaltung von Hallen und Fertighäusern, Mobile Homes und Containern verfügt über eine attraktive und langlebige Putzoptik (**Bild 4**).

Schaumkerne unterschiedlich verarbeitet

Ein Novum für vorgehängte hinterlüftete Fassaden ist der Fassadenhalter ThermoBracket der Fisco GmbH, Zusmarshausen [13]. Er besteht aus einem GFK-Kern auf Basis eines flammgeschützten Bio-Polyurethans (PUR). Um den GFK-Kern herum ist der ThermoBracket mit EPS-Material umschäumt. Der Halter wird an der Gebäudewand befestigt, um die Unterkonstruktion der Fassade zu tragen. Da er erst nach dem Dämmen montiert wird und einen sehr niedrigen Wärmeleitwert besitzt, ist im Gegensatz zu üblichen metallischen Vorrichtungen die Isolation sehr effektiv, womit auch die Dicke des Dämmstoffs deutlich reduziert werden kann.

Auch im Automobilbau ist die Kombination von faserverstärkten Decklagen mit einem leichten Schaumkern eine effiziente Leichtbauvariante für Strukturbauteile. Hochsteife Sandwichbauteile lassen sich beispielsweise im HP-RTM-Verfahren (Hochdruck-Resin Transfer Molding) mit niedrigen Drücken und Temperaturen herstellen, indem etwa kostengünstige Polyethylenterephthalat-Kerne (PET) mit Deckschichten aus endlosfaserverstärktem PUR kombiniert werden. Das PUR-Harzsystem Loctite Max 2 der Henkel AG & Co. KGaA, Düsseldorf, härtet bereits unterhalb von 70 °C innerhalb weniger Minuten aus und ermöglicht auf diese Weise die Serienfertigung solcher Bauteile [14, 15].

Von Hexion, Columbus, Ohio/USA, wurden erstmals duroplastische, faserverstärkte schäumbare Formmassen sowohl für das Spritzgießen als auch für das Extrudieren vorgestellt. Dank stabilisierenden Additiven und einem auf die Här-

Naturfasern für FVK



© Cordenka / BÜFA Thermoplastic Composites

Büfa Thermoplastic Composites, 2019 aus dem Oldenburger Chemieunternehmen Büfa ausgegründet, hat als einziger europäischer Distributor Cellulosefasern im Angebot. Sie dienen unter anderem als Verstärkungsmaterial für Organobleche und langfaserverstärkte Thermoplaste (LFT) [22]. Ähnlich wie andere Naturfasern haben sie eine Dichte von nur 1,5 g/cm³ und verfügen darüber hinaus über eine sehr gute Duktilität. Da Cellulosefasern in Compoundierprozessen wenig geschädigt werden, lassen sich thermoplastische Composites deutlich besser recyceln als solche auf Glasfaserbasis.

tungskinetik abgestimmten chemischen Treibmittel gelang es, leichte flammhemmende Bakelite FoamSet-Schäume und Skin-Core-Schaumstrukturen zu erzeugen [16].

In der Forschungseinrichtung Neue Materialien Bayreuth werden verschiedene Sandwichkonzepte für dreidimensional geformte Verbunde aus thermoplastischen Tapes oder Schäumen erprobt [17]. Für den In-situ-Partikelschaum beispielsweise wird der Kern direkt zwischen beliebig dreidimensional vorgeformten Deckschichten oder Hohlprofilen hergestellt. Dabei werden vorgeschäumte thermoplastische Schaumpartikel eingefüllt und versintert, woraus sich eine stoffschlüssige Verbindung zwischen Kern und Deckschichten ergibt.

Porenfrei 3D-gedruckt

Die additive Fertigung von Ersatzteilen und Prototypen hat sich längst etabliert. Nicht zuletzt hat die schnelle Verfügbarkeit von Medizintechnik-Komponenten in der Corona-Krise den Trend verstärkt: 3D-Druck geht in Serie. Bei der additiven Fertigung von strukturellen Kunststoffteilen für hohe mechanische Belastungen ist die Endlosfaserverstärkung ein Muss. Neben einem optimalen Faseraufbau ist eine minimale Porendichte entscheidend bei der Zulassung von Serienbauteilen. Zwei junge Unternehmen realisieren das für das FFF-Verfahren (fused filament fabrication) auf unterschiedlichen Wegen. 9T Labs, Zürich/Schweiz, konsolidiert das additiv hergestellte CFK-Bauteil unter Druck und Temperatur nach (Bild 5 links) [18]. Dabei können neben herstellereigenen Polyamid- (PA) oder Polyetherketon-



Bild 4. Die Texture-Wall genannte Wandkomponente für mobile Häuser verfügt über Putzoptik. Sie ist witterungs- und UV-beständig und deshalb sehr langlebig

© Lamilux

keton-Filamenten (PEKK) auch kundenspezifische Kompositionen zum Einsatz kommen. Anisoprint, Luxemburg, imprägniert die eingesetzten Kohlenstoff- oder Basaltfasern zunächst mit einem Flüssigharzsystem porenfrei [10]. Dieses verstärkte Filament wird im sogenannten CFC-Prozess (Composite Fiber Coextrusion) oberhalb seiner Erweichungstemperatur mit einem beliebigen Thermoplast ummantelt, der unterhalb von 270 °C schmilzt (Bild 5 rechts).

Recycling von Flugzeugbauteilen

Auch bei faserverstärkten Kunststoffen steigt das Interesse am Recycling. Während glasfaserverstärkte Kunststoffe, allen voran Abfälle aus Windkraftrotoren, häufig in Zementwerken stofflich und thermisch verwertet werden, sind Kohlenstofffasern schlichtweg zu teuer, um sie nicht im Kreislauf zu halten. Boeing, Chicago, Illinois/USA, nutzt beispielsweise aktuell eine Partnerschaft mit ELG Carbon Fiber, Coseley/Großbritannien, um unver-

netzte und ausgehärtete CFK-Produktionsabfälle für die Herstellung von elektronischem und automobilem Equipment zu recyceln [19]. Auch die CFK Valley Stade Recycling GmbH & Co. KG, Wischhafen, verwertet schon seit Jahren Produktionsreste und End-of-Life-Composites mittels Pyrolyse [20]. Der Abfall stammt zunehmend aus Rotorblattgurten, aber auch aus vielen anderen Quellen wie beispielsweise Sammelsystemen von Fahrradhändlern. Über den Partner carboNXT GmbH, Wischhafen, werden verfestigte Recyclingvliese, Schnitffasern sowie thermo- und duroplastische Formmassen vertrieben [21].

Wie die derzeitigen Produktentwicklungen zeigen, erobern intelligent maßgeschneiderte Systeme aus Faserverbundkunststoffen praktisch alle relevanten Branchen. Der 3D-Druck ermöglicht Composites mit ganz neuem Design. Insgesamt sind das sehr gute Voraussetzungen, um auch in den wirtschaftlich schwierigen nächsten Jahren bestehen zu können. ■

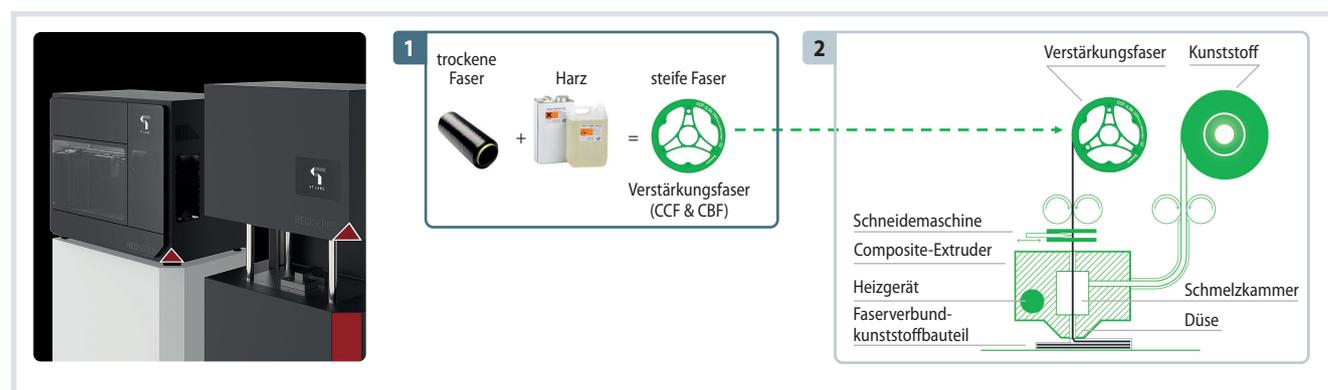


Bild 5. Zwei Konzepte für quasi porenfreie additiv gefertigte Faserverbundkunststoffe: Der 3D-Drucker mit „fusion module“ zur Nachkonsolidierung ermöglicht Anwendern einen unkomplizierten Einstieg in die Serienfertigung (links). Die Coextrusion von Thermoplasten mit vorimprägnierten Fasern führt zu Composites mit sehr guten mechanischen Eigenschaften (rechts) links: © 9T Labs, rechts: Quelle: Anisoprint; Grafik: © Hanser